



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“MANTENIMIENTO PREDICTIVO CON APLICACIÓN DE UN  
SISTEMA TERMOGRAFICO PARA OPTIMIZAR LOS INDICADORES  
DE CALIDAD DE SUMINISTRO EN LOS ALIMENTADORES DE  
MEDIA TENSION TRUJILLO NOR OESTE”**

**AUTOR:**

**GILBERT IVAN CABRERA FLORES**

**ASESOR ESPECIALISTA:**

**ING. CARLOS SÁNCHEZ HUERTAS**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**SISTEMAS Y PLANES DE MANTENIMIENTO**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2018**

## **PAGINA DE JURADO**

Presentada a la Escuela Académico Profesional de ingeniería mecánica eléctrica de la Universidad César Vallejo para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

Aprobado por:

**MG. ALEX DEYVI TEJEDA PONCE**

---

Presidente

**MG. CARLOS E. SANCHEZ HUERTAS**

Secretario

**DR. JORGE EDUARDO LUJAN LOPEZ**

Vocal

## DEDICATORIA

*A **Dios**, por haberme guiado en cada momento y haberme dado la fuerza para seguir adelante.*

*A mis padres **Alejandro y Alejandrina** quienes fueron las personas que me motivaron a seguir adelante y alcanzar mis metas.*

*A cada uno de mis **hermanos** que han contribuido al logro de esta Carrera Profesional.*

*A mis hijos **Brans y Misrrain** quienes son mis amores que me dan la alegría y la motivación cada día.*

*A mi esposa **Carla** por su amor y gran apoyo para terminar esta carrera y realizarme como profesional.*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer en primer lugar a Dios por darme los conocimientos necesarios y permitir conocer a los ingenieros: Ing. Carlos Sánchez Huertas y el Ing. Jorge Eduardo Lujan López, quienes me apoyaron para el desarrollo de este proyecto.

Al Ing. Wilar Saguma Calle por compartir sus conocimientos lo cual han sido fundamental para este trabajo de investigación, así mismo a mis compañeros de trabajo por brindarme su apoyo incondicional.

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Cabrera Flores, Gilbert Iván; con DNI N° 10467397, a efectos de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo declaro bajo juramento que los datos e información de esta tesis son genuinos.

Asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto en documentos e información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, Julio 2018

---

Cabrera Flores, Gilbert Iván

## **PRESENTACIÓN**

**Señores Miembros del Jurado:**

Cumpliendo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, presento ante ustedes la Tesis titulada “*Mantenimiento Predictivo con Aplicación de un Sistema Termografico para Optimizar los Indicadores de Calidad de Suministro en los Alimentadores de Media Tensión Trujillo NOR OESTE*” la cual dejo a vuestra consideración, esperando que cumpla con los requisitos de aprobación para adquirir el título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

El autor

## INDICE

PAGINA DE JURADO .....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	iv
PRESENTACIÓN .....	v
INDICE.....	vi
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	xii
I. Introducción.....	13
1.1 Realidad problemática .....	14
1.2 Trabajos previos .....	15
1.3 Teorías relacionadas al tema .....	18
1.3.1 Sistema eléctrico Trujillo Nor Oeste.....	18
1.3.2 Centro de control de operaciones (CCO) .....	18
1.3.3 Normas de técnicas .....	19
1.3.4 Calidad de suministro.....	20
1.3.5 Tiempo de interrupción .....	21
1.3.6 Tipos de Interrupciones .....	22
1.3.7 Mantenimiento predictivo .....	23
1.3.8 Termografía .....	25
1.3.9 Sectores de Distribución Típicos .....	27
1.3.10 Indicadores.....	28
1.3.11 Alimentador Media Tensión (AMT).....	30
1.3.12 Componentes de los alimentadores-(AMT) .....	30
1.4 Formulación del problema .....	37

1.5 Justificación del estudio .....	37
1.6 Hipótesis.....	37
1.7 Objetivos .....	38
1.7.1 Objetivo general .....	38
1.7.2 Objetivos específicos.....	38
II. Método .....	39
2.1 Tipo de estudio .....	40
2.2 Diseño de la investigación .....	40
2.3 Variables, operacionalización .....	40
2.3.1 Variables independientes .....	40
2.3.2 Variables dependientes .....	40
2.4 Operacionalización de variables.....	42
2.5 Población y muestra.....	43
2.5.1 Población .....	43
2.5.2 Muestra .....	43
2.6 Técnicas de instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	43
2.7 Métodos de análisis de datos.....	44
2.8 Aspectos éticos .....	44
III. Resultados .....	45
3.1 Recolección de datos de los AMT (Indicadores de calidad de energía) .....	46
3.2 SAIDI – SAIFI .....	50
3.3 ENS .....	50
3.4 Compensación .....	51
3.5 Determinación de AMT crítica.....	52
3.6 Actividades predictivas .....	55
3.7 Criterios de diseño para el mantenimiento predictivo basado en termografía .....	56
3.8 Programa de mantenimiento predictivo .....	58



3.9 Realización de inspección termográfica .....	60
3.10Proyección de indicadores después de aplicar las actividades predictivas .....	67
3.11SAIDI – SAIFI .....	67
3.12ENS.....	68
3.13Compensación .....	69
3.14 Análisis de Costo por mantenimiento predictivo (termografia) .....	70
3.1.5 Rentabilidad del Proyecto .....	71
IV. Discusión .....	73
V. Conclusiones.....	75
VI. Recomendaciones .....	77
VII. Referencias .....	78
INDICE DE ABREVIATURAS .....	81
ANEXO 01. DIAGRAMA UNIFILAR (DISTRIBUCIÓN) .....	83
ANEXO 02. IMÁGENES TERMOGRÁFICAS .....	84
ANEXO 03. ORDEN DE MANTENIMIENTO.....	86
ANEXO 04. REPORTE DE INSPECCIÓN.....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aspectos de calidad de los servicios eléctricos .....	19
Figura 2. Calidad de suministro y tolerancias .....	21
Figura 3. Luz visible y térmica .....	26
Figura 4. Transformadores de potencia .....	31
Figura 5. Celda de distribución 10KV .....	32
Figura 6. Postes de media tensión .....	32
Figura 7. Conductor de media tensión .....	33
Figura 8. Aisladores .....	34
Figura 9. Recloser – CUT OUT .....	35
Figura 10. Tipos de Conectores .....	35
Figura 11. Herrajes .....	36
Figura 12. Traformix .....	36
Figura 13. Diagrama de flujo del proyecto .....	41
Figura 14. Cámara termográfica .....	43
Figura 15. Índice de interrupciones de los AMT .....	49
Figura 16. Energía no suministrada de cada AMT por semestre .....	51
Figura 17. Indicador de Compensación por semestre .....	52
Figura 18. Termografia comparativa en líneas de media tensión .....	57
Figura 19. Programa de mantenimiento predictivo .....	59
Figura 20. Flujo de trabajo utilizando camara termografica .....	62
Figura 21. Punto caliente de conector en la Estructura 00123284 .....	63
Figura 22. Punto caliente de CUT-OUT Estructura 0023173 .....	64
Figura 23. Diagrama de flujo de analisis termografico .....	66
Figura 24. Indicadores SAIDI TOE 104 .....	67
Figura 25. Indicadores SAIFI TOE 104 .....	68
Figura 26. Energía no suministrada .....	69
Figura 27. Compensación .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Interrupciones de la TOE 104 del año 2017 .....	47
Tabla 2. Elementos que conforman alimentador de media tensión.....	49
Tabla 3. Indicadores de SAIFI y SAIDI por semestre del año 2017 .....	50
Tabla 4. Resumen de indicadores de calidad de suministro por ATM.....	53

## RESUMEN

El objetivo de la presente tesis es mejorar la gestión de mantenimiento aplicando técnicas predictivas mediante termografía en los alimentadores de media tensión de Trujillo Nor Oeste, que conlleven a la reducción de interrupciones para mejorar los indicadores de calidad de suministro de la empresa Hidrandina S.A.

En este estudio se analizó a los 7 alimentadores que cuenta Trujillo Nor Oeste: TOE 101, TOE 102, TOE 103, TOE 104, TOE 105, TOE 201, TOE 202, para el cual se utilizó información almacenada en el centro de control de operaciones (CCO) del año 2017.

El presente trabajo consta en realizar un plan de actividades predictivas a los alimentadores de media tensión considerando los índices de falla, definiendo la TOE 104, la cual es la más afectada en calidad de energía suministrada.

El indicador SAIFI en el primer semestre del año 2017 fue de 7.658 veces, y en el primer semestre del año 2018 se obtuvo 4.96 veces, el indicador SAIDI en el primer semestre del año 2017 fue de 11.85 horas y en el primer semestre del año 2018 fue de 8.24 horas, el indicador de ENS en el primer semestre del año 2017 fue de 14,548.68 kW/h y en el primer semestre del año 2018 se obtuvo 5,017.59 kW/h, el indicador de compensación en el primer semestre del año 2017 fue de 25,969.39 dólares, y en el primer semestre del año 2018 fue de 8,956.4 dólares, obteniéndose una reducción de 65.5%.

**Palabras Claves:** Interrupción, SAIDI, SAIFI, ENS, Compensación, Termografía.

## **ABSTRACT**

The purpose of this thesis is to make better maintenance management by applying predictive techniques by means of thermography in the medium voltage feeders of Trujillo Nor Oeste, which leads to the reduction of interruptions to improve supply quality indicators, the development of this research is carried out in the facilities of the company Hidrandina SA

In this study we analyzed the 7 medium voltage feeders that has Trujillo Nor Oeste: TOE 101, TOE 102, TOE 103, TOE 104, TOE 105, TOE 201, TOE 202, in which we used information stored in the operations control center (CCO) of the year 2017.

The present work consists of carrying out a plan of predictive activities for the medium voltage feeders, considering the failure rates, defining the TOE 104, which is the most affected in the quality of energy supplied.

The SAIFI indicator in the first semester of 2017 was 7,658 times, and in the first semester of the year 2018 it was obtained 4.96 times, the SAIDI indicator in the first semester of the year 2017 was 11.85 hours and in the first semester of the year 2018 8.24 hours was obtained, the indicator of ENS in the first semester of 2017 was 14,548.68 kW / h and in the first semester of 2018 it was obtained 5,017.59 kW / h, the compensation indicator in the first semester of 2017 was 25,969.39 dollars, and in the first semester of the year 2018 it was of 8,956.4 dollars, obtaining a reduction of 65.5%.

**Key Words:** Interruption, SAIDI, SAIFI, ENS, Compensation, Thermography.

# **I**

# **INTRODUCCIÓN**

## **I. Introducción**

### **1.1 Realidad problemática**

Debido al incremento de energía eléctrica en nuestro país, es indispensable asegurar la operatividad y confiabilidad del sistema eléctrico asegurando así un servicio óptimo y de calidad hacia nuestros clientes.

Puesto que el aumento en la demanda de energía eléctrica, en estos últimos años, debido a mejora de calidad de vida y el crecimiento económico en nuestro país, nos obliga brindar un servicio de calidad, el mismo que se encuentra establecido en la norma técnica de calidad de servicios eléctricos.

Existen indicadores individuales que miden la Calidad de Suministro de energía eléctrica, lo cual el SAIFI (frecuencia promedio de las interrupciones por usuario del sistema eléctrico) y el SAIDI (duración promedio de las interrupciones por usuario del sistema eléctrico) son los más empleados y son los que determinan que la empresa realice pagos de compensación a sus clientes.

Para mejorar la calidad de servicio, confiabilidad y continuidad en el suministro eléctrico, se opta por realizar mantenimientos predictivos mediante el uso de la termografía, el cual se aplica en líneas energizadas, para prevenir interrupciones no deseadas en el suministro eléctrico, el cual se refleja en función al costo de mantenimiento y el costo del no mantenimiento.

Este proyecto se realizará en el Unidad de mantenimiento Trujillo que comprende los sistemas eléctricos del centro de transformación TRUJILLO NOR-OESTE, el cual cuenta con, 07 Alimentadores de Media Tensión (05 AMT de 10KV y 02 AMT de 22.9KV).

De acuerdo a lo presentado en líneas anteriores, se plantea, en el presente estudio de investigación, la optimización del mantenimiento predictivo, basado en el uso de la termografía en las líneas media tensión, asegurando obtener mayor confiabilidad de operación de los activos, y evitar pagos de compensaciones.

## **1.2 Trabajos previos**

Ayre (2005). En su tesis “Evaluación de la confiabilidad mediante el método de modo de fallas y ubicación optima de seccionadores en una red de distribución eléctrica”, Universidad Nacional de Ingeniera de Perú, Lima. De acuerdo a la presente tesis se desarrolla la problemática de la calidad del suministro eléctrico en redes de media tensión, lo cual se ha desarrollado un procedimiento, que permita cuantificar la continuidad del servicio eléctrico y dar opciones o alternativas para un aumento de la confiabilidad del sistema, teniendo como objetivo seleccionar la alternativa óptima al mínimo costo, para lo cual se desarrolla un algoritmo que permita la ubicación de seccionadores en una red de distribución.

La conclusión de los resultados de esta tesis en los alimentadores A1 y A2, se determinó por instalar un seccionador de enlace y uno de línea, con los cuales se tuvo un ahorro de S/. 48,495 y mejora en el índice SAIDI de 3.194 a 1.706. 125, asimismo los alimentadores A3 y A4, se determinó por colocar un seccionador de enlace y uno de línea, con los cuales se tuvo un ahorro de S/. 56,656 y mejora en el índice SAIDI de 1.910 a 1.206.

Zavaleta (2015). En su trabajo de tesis: “Mejoramiento del mantenimiento eléctrico en la empresa HIDRANDINA S.A. mediante la aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)”, Universidad Cesar Vallejo, Trujillo – Perú.



Explica que su trabajo se realizó para sistematizar y lograr optimizar la ejecución de los mantenimientos en la Empresa Hidrandina S.A., es decir darle un mejor manejo a la información registrada semestralmente así como la que se obtiene mediante el mantenimiento predictivo, analizándolo clasificándolo y dándole un ordenamiento adecuado que permita aplicar oportunamente y en forma eficaz el mantenimiento preventivo que permita minimizar la atención de mantenimientos correctivos que afectan la calidad del servicio que proporciona Hidrandina a sus clientes y que por ende afecta a su economía.

Para la determinación del alimentador sobre el que se trabajó se ha tomado los registros de datos existentes del periodo anual 2014, los cuales han sido clasificados y ordenados adecuadamente, evaluando además la cantidad de clientes afectados y la energía dejada de suministrar, que nos permitió determinar el alimentador crítico definido por el nivel de riesgo y los indicadores SAIDI y SAIFI, sobre el que se empezó a realizar la evaluación de sus activos siguiendo la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Mediante la aplicación de la metodología AMFE, se logró establecer actividades para ser ejecutadas en forma priorizada en el corto, mediano y largo plazo, estableciendo también el área responsable de su ejecución.

El efecto deseado por la aplicación de la metodología AMFE sobre la gestión de mantenimiento en la empresa Hidrandina, optimizando los resultados del mantenimiento predictivo y disminuyendo las actividades correctivas por falla se ha logrado respecto al alimentador en estudio (TNO002), el cual contaba inicialmente con una contribución para el primer semestre del orden del 0.389 y 0.065, y para el segundo semestre hasta el mes de Octubre, está en el orden del 0.011 y 0.008, como mejora de los indicadores SAIDI y SAIFI respectivamente.

Saune (2017). En su tesis: “Optimización de los indicadores de calidad de Suministro con mantenimiento de líneas energizadas en los alimentadores de media tensión de la ciudad de Trujillo”, Universidad Cesar Vallejo (Trujillo - Perú). En su trabajo unifica los conceptos del SAIFI, SAIDI, energía no suministrada y compensaciones por mala calidad de suministro eléctrico, estos al pasar a una sola escala de medición, cuantificando el SAIDI por medio de la energía no suministrada, el SAIFI por medio del costo promedio de reparación por alimentador y las compensaciones, luego de realizar los cálculos y aplicando el análisis de Pareto se obtuvieron 11 AMT críticos los cuales representa el 51.32% de costos que generan las interrupciones de los 53 alimentadores de media tensión, de ello el 10.89 % representa 62,746.79 US\$ generado por el AMT VIR002 en el primer y segundo semestre del año 2016.

Con los valores obtenidos de los indicadores SAIFIMT y SAIDMT en el primer semestre del año 2017 hemos logrado superar los valores semestrales de desempeño esperado para el alimentador seleccionado obteniendo los valores de 2.94 SAIFIMT y 2.5 SAIDIMT.

Los valores de desempeño esperado para el sector típico 3 son de SAIFIMT = 7 y SAIDMT = 12; lo cual indica que para un semestre representaría la mitad, con lo cual estamos por debajo del valor esperado, a pesar de no haber podido concluir con todos los trabajos programados.

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1 Sistema eléctrico Trujillo Nor Oeste**

Es un conjunto de instalaciones eléctricas que comprende a las líneas, redes y las subestaciones. El sistema eléctrico Trujillo Nor Oeste (L-1139) está formado por un centro de transformación de 138kv y una sala de control los cuales salen distribuidos alimentadores de media tensión de 22kv y 10kv.

- Sala de Control: conjunto de relés, interruptores de potencia que sirven de protección.
- Alimentadores de Media Tensión (AMT): Componentes eléctricos en media tensión encargados de la distribución de la energía eléctrica hasta las Subestaciones de Distribución.
- Subestaciones de distribución (SED): Conjunto de equipos electromecánicos conectados a los alimentadores de Media Tensión, que recibe y transforma el nivel de tensión.

#### **1.3.2 Centro de control de operaciones (CCO)**

Es el encargado de monitorear parámetros eléctricos a través de su sistema de ESCADA a si mismo de coordinar y mantener y vigilar cualquier incidente que se presenten dentro de las instalaciones de la empresa concesionaria.

Gestiona la información que se recibe en tiempo real desde las centrales y las instalaciones de la red para presentarla a los operadores en una forma gráfica fácilmente comprensible y efectuar los estudios que garanticen la seguridad del sistema eléctrico.

Controla permanente el estado de la red y sus parámetros eléctricos actuando sobre las variables de control para mantener la seguridad y calidad del suministro o para establecer el servicio en caso de que se haya producido un incidente.

### 1.3.3 Normas de técnicas

Son documentos que establecen las especificaciones de calidad que debe reunir un producto, proceso o servicio. En la siguiente figura 1 se muestra la calidad de un servicio eléctrico.



Figura 1. Aspectos de calidad de los servicios eléctricos

Fuente: OSINERGMIN

Como se mencionó anteriormente, existen varios tipos de normas dentro de las cuales se mencionan las de calidad de servicios eléctricos:

**NTCSE:** Norma técnica de calidad de los servicios eléctricos, aprobada con DS N° 020-97-EM.

**NTCSER:** Norma técnica de calidad de los servicios eléctricos Rurales, aprobado con RD N° 016-2008-EM/DGE.

Establecen los niveles mínimos de calidad de los servicios eléctricos, incluido el alumbrado público, y las obligaciones de las empresas de electricidad y los clientes.

La **NTCSE** es de aplicación para el suministro sujeto a la regulación de precios del sector típico de distribución (STD) 1 y para los suministros del STD 2 y 3.

La **NTCSER** es de aplicación en todo Sistema eléctrico rural (SER), STD 4, 5 y especial.

#### **1.3.4 Calidad de suministro**

Es la normalización del suministro eléctrico mediante reglas que fijan los niveles, parámetros básicos, forma de onda, armónicos, niveles de distorsión armónica, interrupciones, etc.

Es habitual que existan reglas que regulen la calidad de suministro eléctrico según los países o zonas de suministro, así como, los diversos sistemas: baja, medio o alta tensión, corriente alterna o continua, sistemas monofásicos, bifásicos o trifásicos, todos ellos englobados entre los distintos modos de generar o transportar electricidad.

La calidad de suministro suele referirse a la calidad de onda de tensión de la energía eléctrica en sistemas de tensión alterna, no obstante, existen normativas que también contemplan las perturbaciones de las ondas de intensidad propias del consumo que ejerce el cliente sobre la tensión suministrada por la fuente, que en muchos casos es la compañía eléctrica.

En la siguiente figura 2. se presenta indicadores de calidad de energía y sus tolerancias.

Sector Típico	Valores limites	Indicadores	Tolerancia
2	Por usuario afectado (NTCSE)	N: N° de interrupciones por usuario y por semestre	8 /sem.
		D: Duración ponderada de las interrupciones por usuario y por semestre	13 horas/sem.
	Por sistema eléctrico	SAIFI: Frecuencia promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	5 /año
		SAIDI: Duración promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	9 horas/año
3	Por usuario afectado (NTCSE)	N: N° de interrupciones por usuario y por semestre	8 /sem.
		D: Duración ponderada de las interrupciones por usuario y por semestre	13 horas/sem.
	Por sistema eléctrico	SAIFI: Frecuencia promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	7/año
		SAIDI: Duración promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	12 horas/año
4, 5 y SER	Por usuario afectado (NTCSER)	NIC: N° de interrupciones promedio por cliente y por semestre	10 /sem.
		DIC: Duración ponderada acumulada de interrupciones promedio por cliente por semestre	25 y 40 horas/sem.
	Por sistema eléctrico	SAIFI: Frecuencia promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	12 y 24/ año
		SAIDI: Duración promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	16 y 40 horas/año

Figura 2. Calidad de suministro y tolerancias

Fuente: OSINERGMIN

En la figura se aprecia los indicadores SAIDI (Horas/año) – SAIFI (veces/año), representado por tipo de sector típico y sus respectivas tolerancias emitidas por OSINERGMIN.

### 1.3.5 Tiempo de interrupción

Se considera como interrupción a toda falta de suministro eléctrico en un punto de entrega. Las interrupciones pueden ser causadas, entre otras razones, por salidas de equipos de las instalaciones del Suministrador u otras instalaciones que lo alimentan, y que se producen por mantenimiento, por maniobras, por ampliaciones, etc., o aleatoriamente por mal funcionamiento o fallas; lo que incluye, consecuentemente, aquellas que hayan sido programadas oportunamente. Para efectos de la Norma, no se consideran las interrupciones totales de suministro cuya duración es menor de tres (3) minutos ni las relacionadas con casos de fuerza mayor debidamente comprobados y calificados como tales.

### **1.3.6 Tipos de Interrupciones**

Una interrupción en el suministro eléctrico debe entenderse como una pérdida total de tensión eléctrica. Las interrupciones pueden ser de dos tipos: programadas o imprevistas, como veremos a continuación.

#### **1.3.6.1 Interrupciones Programadas**

Son aquellas en las cuales la empresa distribuidora genera interrupciones en el suministro eléctrico del cual tiene consciencia el cliente. La empresa programa el día, la hora y el tipo de trabajo a realizar, y comunica mediante publicaciones en periódicos, redes sociales, etc.

##### **- Por mantenimiento**

Las interrupciones programadas por mantenimiento requieren del corte de energía eléctrica para llevarlo a cabo labores de mantenimiento en el área seccionada.

##### **- Por expansión**

Las interrupciones por obras o expansión requieren también del corte de suministro eléctrico para la incorporación de nuevas instalaciones en el sistema eléctrico.

#### **1.3.6.2 Interrupciones Imprevistas**

Las interrupciones no programadas o imprevistas son aquellas fallas que ocurren inesperadamente en el sistema eléctrico. Las interrupciones imprevistas pueden ser clasificadas como se mostrará a continuación:

##### **- Fallas propias**

Son aquellas originadas por la empresa distribuidora. Muchas de ellas están relacionadas a los temas de mantenimiento, calidad de los equipos, obsolescencia de los mismos o maniobras erróneas en las operaciones de campo por parte del personal técnico.

- **Ambientales**

Son fallas originadas por la naturaleza. Las fallas pueden darse en las redes de distribución o en las subestaciones de distribución.

- **Terceros**

Son fallas que no involucran las dos primeras arriba mencionadas ni al cliente. Estas fallas interfieren en el suministro continuo de energía y el equipamiento eléctrico.

- **Hurto**

Es el robo del equipamiento eléctrico o de las redes de distribución por terceros.

- **Clientes**

Son interrupciones imprevistas originadas por los propios clientes de la empresa. En la clasificación de las fallas anteriores solo se han considerado las fallas que ocurren en el sector distribución descartando, por el enfoque de la investigación, las fallas que puedan originarse en los sectores generación y transmisión (Salas, 2013, pp. 22-24).

### **1.3.7 Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo estudia la evolución temporal de ciertos parámetros para asociarlos a la ocurrencia de fallas, con el fin de determinar en qué periodo de tiempo esa situación va a generar escenarios fuera de los estándares, para planificar todas las tareas proactivas con tiempo suficiente, para que esa avería



no cause consecuencias graves ni genere paradas imprevistas de equipos (Mora, 2009).

Es una forma sofisticada y precisa de obtener datos en forma rutinaria sobre el estado de un equipo, maquina o instalación o sus componentes estáticos y/o dinámicos, aunque estos están ocultos en el diseño, por medio de aparatos sofisticados destinados al control y medición de parámetros tales como temperatura, presiones, caudales, ensayos no destructivos, análisis vibracional, formas de ruido, análisis de lubricantes y líquidos refrigerantes de las máquinas y otras formas, que generalmente se hacen fuera del lugar de los hechos.

Algunas ventajas del mantenimiento predictivo son:

- Reduce el tiempo de parada al conocerse exactamente el órgano que falla.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Realiza la verificación de la condición de estado y monitoreo en tiempo real de la maquinaria, tanto la que se realiza en forma periódica como la que se hace de carácter eventual.
- Maneja y analiza un registro de información histórica vital a la hora de la toma de decisiones técnicas en los equipos.
- Define los límites de tendencia relativos a los tiempos de falla o de aparición de condiciones no estándar.
- Posibilita la toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Facilita la confección de formas internas de funcionamiento, o compra de nuevos equipos.

- Provee el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizado por el mantenimiento correctivo.

### **1.3.8 Termografía**

La termografía, es una técnica que permite medir temperaturas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar mediante la captación de la radiación infrarroja del espectro electromagnético.

Todos los objetos tienen una información térmica, imperceptible a simple vista pero que se pone de manifiesto mediante las cámaras termográficas.

La información térmica corresponde a un patrón, un estado puntual en cuanto a su temperatura. Se dice que es puntual porque no se considera el objeto como algo aislado, sino al contrario, estará bajo unas condiciones cambiantes, rodeado de otros objetos que le influyan y unas actuaciones.

La termografía por infrarrojos es la ciencia que estudia el uso de dispositivos óptico electrónicos para detectar y medir la radiación a partir de la cual se obtiene la temperatura de las superficies bajo estudio o del equipo inspeccionado.

En la termografía cada pixel corresponde con un valor de medición de la radiación con un valor de temperatura. Esa imagen se le puede definir como radiometría

La cámara térmica genera imágenes basadas en la temperatura de los objetos básicamente midiendo la energía infrarroja (ver figura 3.) que emiten y convirtiendo a continuación dicha información en imágenes cuyos puntos muestran diferentes colores en función de la temperatura superficial de los objetos (Camacho, 2017, p. 35-36).

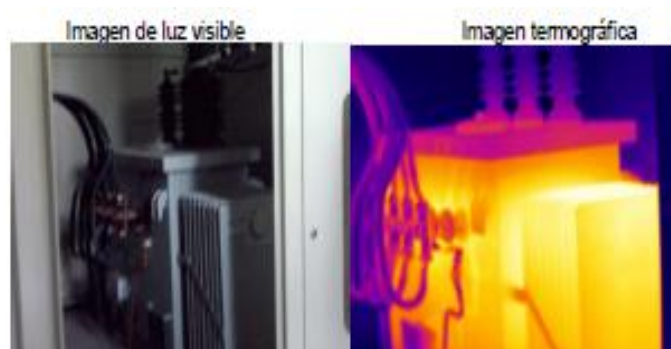


Figura 3. Luz visible y térmica

Fuente: (Camacho, 2017, p. 36)

La figura muestra un transformador en su estado normal y otra con la aplicación de una cámara termografica para ver el nivel de temperatura que se viene presentando en operación.

#### **a. Análisis termográfico**

Este análisis termográfico se basa en el estudio e interpretación de la termografía siendo realizadas en condiciones conocidas y útiles para el propósito.

De este modo podremos conocer la radiación de las superficies termografiadas y así estimar las temperaturas ya sean en tuberías, pieza, maquinas, y sistemas de distribución el cual se puede conseguir:

- Mayor conocimiento de las pérdidas de fugas y posibles puntos de actuación.
- Mayor conocimiento de la instalación realizada en cuanto a su estado térmico.
- Ahorro debido a una mayor eficiencia energética de los sistemas evaluados.

#### **b. Aplicación de la termografía**

La termografía se ha convertido en la herramienta fundamental del mantenimiento predictivo la cual nos permite realizar mediciones de temperatura

sin contacto brindando seguridad al personal y sin necesidad de suspender el servicio. Dentro de las aplicaciones de la termografía más importantes tenemos: Inspecciones de subestaciones, transformadores de potencia, interruptores de potencia, seccionadores de potencia, líneas de distribución, conectores, tableros de control y fuerza.

### **c. Ventajas y desventajas de la termografía**

#### **c.1 Ventajas**

Disminuye el riesgo de accidente para el personal que opera la cámara termográfica.

No necesita sacar fuera de servicio las instalaciones

Se puede determinar el elemento defectuoso con exactitud

Aumenta la vida útil del equipo

Permite verificar la gravedad del equipo

#### **Desventajas**

Los reflejos solares pueden provocar errores en la detección de fallas

Capacidad limitada para la verificación de defectos internos

Se considera como desventaja tanto el costo de los equipos

### **1.3.9 Sectores de Distribución Típicos**

Son instalaciones de distribución eléctrica con características técnicas similares en la disposición geográfica de la carga, características técnicas, así como en los costos de inversión, operación y mantenimiento. Las empresas de distribución eléctrica pueden contar con instalaciones de distribución eléctrica de distintos sectores de distribución típicos.

Los sectores de distribución típicos establecidos son:

- Sector de Distribución Típico 1: Urbano de alta densidad.
- Sector de Distribución Típico 2: Urbano de media densidad.
- Sector de Distribución Típico 3: Urbano de baja densidad.
- Sector de Distribución Típico 4: Urbano rural.
- Sector de Distribución Típico 5: Rural de media densidad.
- Sector de Distribución Típico 6: Rural de baja densidad.
- Sector de Distribución Típico Sistemas Eléctricos Rurales (SER): SER calificados según la Ley General de Electrificación Rural (LGER).

### 1.3.10 Indicadores

#### - SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

**SAIFI** o Frecuencia Media de Interrupción por usuario en un periodo determinado mide la frecuencia de ocurrencia de las interrupciones en las instalaciones eléctricas de los sistemas eléctricos, ante las fallas en los componentes, maniobras e indisponibilidades que afectan a los sistemas eléctricos, estas pueden ser propias (sistemas de protección, diseño de redes, estado de las instalaciones) y externos (medio ambiente y terceros).

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{N} \quad (1)$$

Dónde:

$U_i$ : Número de usuarios afectados en cada interrupción “i”

n: Número de interrupciones en el periodo

N: Número de usuarios del sistema eléctrico al final del periodo

#### - SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

**SAIDI** o Tiempo Total Promedio de Interrupción por usuario en un periodo determinado.

Mide el tiempo de la duración de la interrupción, está relacionado con la ubicación de falla, con la intensidad de la falla y los recursos disponibles para la reposición como: cuadrillas, vehículos, materiales, medios de comunicación, además las vías de acceso, la longitud de redes, etc.

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n tixUi}{N} \quad (2)$$

Dónde:

Ui: Número de usuarios afectados en cada interrupción “i”

ti: Duración de cada interrupción “i” (medido en horas)

N: Número de usuarios del sistema eléctrico al final del periodo

#### **- ENS**

Es la Energía Teóricamente No Suministrada a un Cliente determinado y se calcula de la siguiente manera:

$$ENS = ERS / (NHS - \sum di) \cdot D ; (Expresada en kWh) \quad (3)$$

Dónde:

ERS: Es la energía registrada en el semestre.

NHS: Es el número de horas del semestre.

$\sum di$ : Es la duración total real de las interrupciones ocurridas en el semestre

#### **- Compensación**

Representa el costo de que debe pagar la empresa distribuidora, por mala calidad de suministro.

Las compensaciones se calculan semestralmente en función de la Energía Teóricamente No Suministrada (ENS), el Número de Interrupciones por Cliente por

Semestre (N) y la Duración Total Acumulada de Interrupciones (D), de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\textit{Compensaciones por interrupciones} = e . E . ENS \quad (4)$$

Dónde:

e : Es la compensación unitaria por incumplimiento en la Calidad de Suministro, cuyos valores es:

$$e = 0,35 \text{ US\$/kWh}$$

E: Es el factor que toma en consideración la magnitud de los indicadores de calidad de suministro y está definido de la siguiente manera:

$$E = [1 + \left(\frac{N-N'}{N'}\right) + \left(\frac{D-D'}{D'}\right)] \quad (5)$$

Las cantidades sin apóstrofe representan los indicadores de calidad, mientras que las que llevan apóstrofe representan los límites de tolerancia para los indicadores respectivos. El segundo y/o tercer término del miembro derecho de esta expresión serán considerados para evaluar las compensaciones, solamente si sus valores individuales son positivos. Si tanto N y D están dentro de las tolerancias, el factor E no se evalúa y asume el valor cero.

#### **1.3.11 Alimentador Media Tensión (AMT)**

Conjunto de componentes eléctricos en media tensión destinados a la distribución de la energía eléctrica hasta las Subestaciones de Distribución.

#### **1.3.12 Componentes de los alimentadores-(AMT)**

Son los elementos que se encuentran presentes en todo el trayecto de la línea de distribución. Están compuestos por diversos elementos para este proyecto se

menciona los más significativos: transformadores, seccionadores, conductores, aisladores, postes y conectores.

#### **- Transformador de potencia**

Es una máquina electromagnética que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia y frecuencia, su funcionamiento se basa en la inducción electromagnética y está constituido por dos bobinas devanadas (primaria y secundaria) sobre un núcleo de hierro dulce o al silicio ver figura 4.



Figura 4. Transformadores de potencia

Fuente: [www. International Cooper Association México](http://www.internationalcooperassociation.com)

#### **- Tablero de distribución eléctrico**

Un cuadro de distribución eléctrico o centro de carga es uno de los componentes principales de una instalación eléctrica, en él se encuentran las protecciones cada uno de los distintos circuitos en los que se divide la instalación.

Cuenta con componentes como térmicos, diferenciales, fusibles, contactares, relés, diferenciales y temporizadores.

La distribución de cada circuito eléctrico es de acuerdo a la capacidad de la subestación y están distribuidos de acuerdo a sus cargas asignada ver figura 5.





Figura 5. Celda de distribución 10KV

Fuente: <http://www.directindustry.es>

### - Postes

Son soportes utilizados en redes de distribución y deben de tener una tensión de mayor a los esfuerzos a que sea sometida la estructura, para el cual se debe tener en cuenta los esfuerzos de los conductores y todos los elementos que actúen sobre la estructura.

Se tiene en cuenta el calibre del conductor y los elementos mecánicos que debe soportar la estructura, más las tensiones por ángulos formados y así aprovechar al máximo el diseño establecido en un número de años en servicio considerable, ver figura 6.



Figura 6. Postes de media tensión

Fuente: [www.jdelectricos.com.co](http://www.jdelectricos.com.co)

### **- Conductores eléctricos**

Es el medio físico por el cual se transporta energía eléctrica desde un punto A hasta un punto B manteniendo el nivel de tensión de un punto a otro, estos pueden ser de tipo desnudo o aislado. Los conductores son fabricados totalmente solidos (alambre) o en varios hilos en forma de espiral (cable) y son de cobre y aluminio o aleaciones con características eléctricas y mecánicas adecuadas.

Los beneficios de usar conductores de cobre es la conductividad eléctrica, el aluminio solo llega al 63% de la del cobre. El beneficio de los conductores de cobre es el peso, pueden pesar la mitad que uno de cobre (ver figura 7.) con las mismas características y en cuanto a costos es más económico.



Figura 7. Conductor de media tensión

Fuente: [www.promelsa.com.pe](http://www.promelsa.com.pe)

### **- Aisladores**

Piezas hechas de material aislante (ver figura 8.) usados para soportar los conductores eléctricos en distribución y transmisión, tienen como función principal impedir el paso de corriente eléctrica desde los conductores hasta la estructura.

Los usados en líneas aéreas de distribución son:

- Fibra de vidrio
- Cerámicos
- Poliméricos

La selección de aisladores depende de los costos de inversión, el nivel de tensión y la resistencia a cargas mecánicas.



Figura 8. Aisladores

Fuente: [www.aisladores.com](http://www.aisladores.com)

### Equipos de protección y maniobra

Tenemos los seccionadores, interruptores y recloser:

- Estos elementos permiten la apertura de un circuito bajo anomalías dadas bajo un intervalo de tiempo y así proteger la instalación, se usan también para facilitar el mantenimiento, realizando particiones de un circuito con el fin de evitar la suspensión total del circuito alimentado mientras se realizan los diversos trabajos de mantenimiento en un sector específico.
- Seccionador: Componente mecánico de conexión, equipo que puede ser abierto o cerrado sin carga para reconfigurar el alimentador.

- Seccionalizador: Tiene la función de detectar una falla aguas abajo de su ubicación y abre el circuito en forma coordinada con el equipo de protección y seccionamiento de cabecera.
- Reconector (Recloser): Tiene como función principal detectar una falla aguas abajo de su ubicación, despejar fallas transitorias y abrir el circuito en caso de fallas permanentes. con posibilidad de cierre automático, ajustable con monitoreo y operación a distancia, ver figura 9.

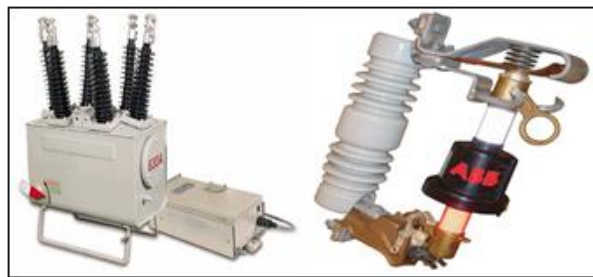


Figura 9. Recloser – CUT OUT

Fuente: <http://www.myeel.com.ar>

### Conectores

Es un dispositivo eléctrico que sirve para realizar empalmes de circuitos eléctricos, asimismo existe distintos tipos: de Cobre-Cobre, Aluminio - Aluminio, cobre – Aluminio, de acuerdo al tipo de material a empalmar. Se caracterizan por: construcción física, resistencia de contacto. Existen varios los principales usados en los son los de tipo perno y tipo cuña, ver figura 10.



Figura 10. Tipos de Conectores

## Herrajes

Accesorio de hierro (ver figura 11.) implementado para soportar los componentes de la instalación eléctrica de distribución. Tenemos soportes, pernos, grapas, tornillería, conectores y otros que mantienen unido la estructura de soporte al conductor, aislador y demás componentes.

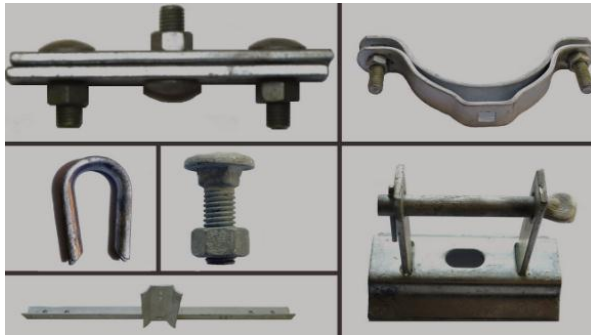


Figura 11. Herrajes

Fuente: [www.jdelectricos.com.co](http://www.jdelectricos.com.co)

## Transformadores mixtos (medición)

El traformix es una unidad compacta (ver figura 12.), utilizada en las redes eléctricas que está constituido de transformadores de tensión y de corriente que sirven para sistemas de medición y protección hasta 36kv, los cuales se interconectan internamente entre sí de acuerdo a las necesidades a ser aplicadas.



Figura 12. Traformix

Fuente: [www.tean-ingenieria.com](http://www.tean-ingenieria.com)

#### **1.4 Formulación del problema**

¿En cuánto mejoraran los indicadores de calidad de suministro eléctrico en los alimentadores de Trujillo Nor Oeste, aplicando trabajos de mantenimiento predictivo basado en termografía?

#### **1.5 Justificación del estudio**

Se propone actividades de mantenimiento predictivo basado en análisis termográfico para reducir el índice de fallas, el cual traerá beneficios en la calidad de suministro en los alimentadores de media tensión de Trujillo Nor Oeste.

##### **Relevancia económica:**

Porque al mejorar los indicadores de calidad de suministro significará un ahorro económico para la empresa ya que no se realizará pagos por concepto de multas y compensaciones.

##### **Relevancia tecnológica:**

Se está utilizando tecnología moderna tales como termografía, efecto corona y trabajos con línea energizadas.

##### **Relevancia socio-ambiental:**

Este tipo de mantenimiento con sistema termográfico reducirá las averías y conllevará a la disminución de residuos sólidos que contaminan el medio ambiente.

#### **1.6 Hipótesis**

Con los trabajos de mantenimiento predictivo en media tensión con un sistema termográfico se mejorará los indicadores de calidad de suministro (SAIFI, SAIDI, ENS y Compensación) de los alimentadores Trujillo Nor Oeste.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo general**

Optimizar los indicadores de calidad de suministro, realizando mantenimiento predictivo mediante un sistema termográfico en los alimentadores de media tensión de Trujillo Nor Oeste.

### **1.7.2 Objetivos específicos**

- Recopilar datos de los alimentadores de media tensión de Trujillo Nor Oeste (indicadores de calidad de suministro)
- Determinar que AMT de media tensión de Trujillo Nor Oeste es crítica.
- Elaborar un sistema de actividades de mantenimiento predictivo mediante un sistema termográfico.
- Proyección de los indicadores de calidad de suministro luego de aplicar las actividades de mantenimiento.

# **II**

# **MÉTODO**



## **II. Método**

### **2.1 Tipo de estudio**

**Pre-Experimental:** Porque se realizará una investigación en campo con equipos seleccionados para determinar el impacto.

**Aplicada:** Porque se hará uso de los conocimientos teóricos del plan de mantenimiento preventivo para dar solución a la realidad problemática de la empresa en estudio.

### **2.2 Diseño de la investigación**

**Pre-Experimental:** Porque se realizará un trabajo en campo con equipos seleccionados (no al azar), abordando los problemas de investigación y generando una hipótesis, aplicando un método de análisis de fallas y programación de tareas para poder evitarlas, seleccionándolas en un plan de mantenimiento predictivo.

### **2.3 Variables, operacionalización**

#### **2.3.1 Variables independientes**

Mantenimiento predictivo con sistema termográfico.

#### **2.3.2 Variables dependientes**

- Plan de mantenimiento predictivo.
- SAIDI
- SAIFI
- ENS
- COMPENSACIÓN

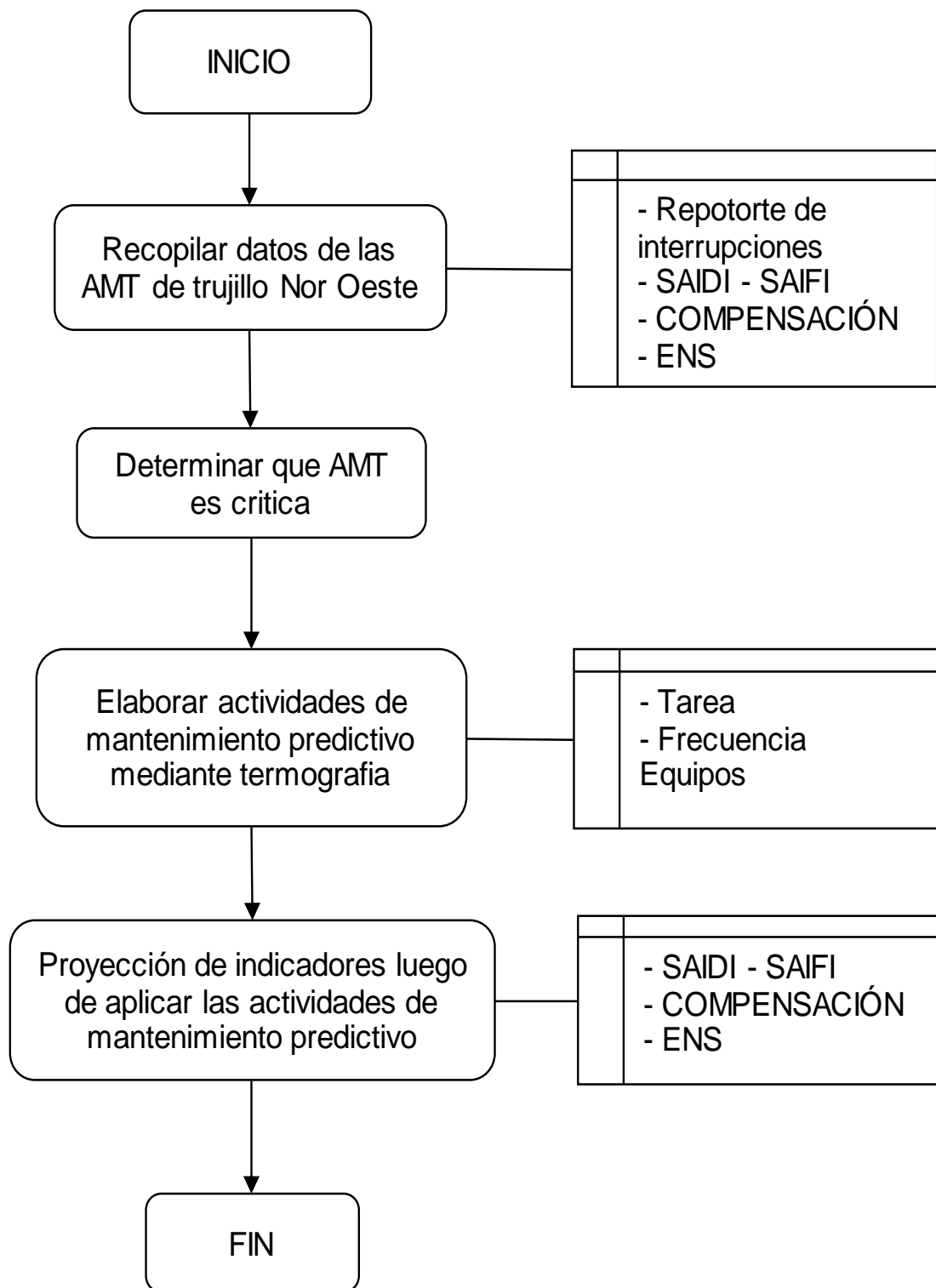


Figura 13. Diagrama de flujo del proyecto

Fuente: Elaboración propia

## 2.4 Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de Medición
Mantenimiento predictivo	Termografía: permite captar la radiación infrarroja del espectro electromagnético, utilizando cámaras termo gráficas o de termovisión.	Evaluación de la temperatura a distancia en los elementos eléctricos de los alimentadores de media tensión para su correctivo inmediato o programado	°C	5 a 200
Calidad de Suministro eléctrico	SAIDI: Duración media de interrupción por usuario	Duración promedio de las interrupciones en el periodo de un año de los clientes que pertenecen a un alimentador de media tensión.	Horas/ año	0 a 8760
	SAIFI: Frecuencia media de interrupción por usuario	Frecuencia media de las interrupciones en el periodo de un año que pertenecen a un alimentador de media tensión.	N° de interrupciones/ año	0 a 175200
	ENS: Es la energía dejada de entregar debido a interrupciones del servicio eléctrico	Energía dejada de vender por las interrupciones en los alimentadores de media tensión.	kWh	>1
	Compensaciones: Se deben compensar a los Clientes en los que se haya comprobado que la calidad del servicio no satisface los estándares	Compensación a los clientes de todo el alimentador de media tensión	Dólares/semestre	>0.1

## **2.5 Población y muestra**

### **2.5.1 Población**

Alimentadores de media tensión Trujillo Nor Oeste.

### **2.5.2 Muestra**

Alimentador de media tensión más crítico TOE 104.

## **2.6 Técnicas de instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **Análisis termográfico**

Cámara Termografía, cámara térmica o cámara infrarroja es un dispositivo que, a partir de las emisiones de infrarrojos medios del espectro electromagnético de los cuerpos detectados, forma imágenes luminosas visibles por el ojo humano. 51

Instrumentos de medición Cámara termográfica.

Marca: FLIR, Modelo: E-60, Serie: 49010380



Figura 14. Cámara termográfica

Fuente: Hidrandina

## **2.7 Métodos de análisis de datos**

Gráfico de control: Nos permite interpretar la información más importante y tomar las decisiones más adecuadas.

Diagrama de flujo: Nos permitirá entender los procesos que comprenden los alimentadores de media tensión.

## **2.8 Aspectos éticos**

Todos los datos proporcionados en este estudio son de carácter real, algunos datos fueron extraídos de libros y tesis que serán mencionadas en la bibliografía, respetando la propiedad intelectual.

# **III**

# **RESULTADOS**

### **III. Resultados**

#### **3.1 Recolección de datos de los AMT (Indicadores de calidad de energía)**

Para la realización del proyecto como cálculos de indicadores de calidad de suministro de media tensión tanto en 10 y 22.9Kv de Trujillo Nor Oeste, se adquirieron datos reales de las interrupciones de cada alimentador presentadas en el año 2017. Las interrupciones se basan en dejar fuera de servicio al usuario (cliente), ya sean por motivos internos (ampliación de red, fallas en los alimentadores, etc.) o externas (condiciones medio ambientales, hurto, colisión de estructuras, etc.).

En la siguiente tabla 1., se detallan las interrupciones del alimentador TOE 104, presentadas en el año 2017.

Tabla 1. Interrupciones de la TOE 104 del año 2017

Empresa	UNegocio	Periodo	PuntoMedicion	Motivo	Detalle Motivo	Responsabilidad	Responsable	Empresa Responsable	Nivel Tension	SAIFI	SAIDI	Detalle Motivos	DescripcionMotivo	Descripcion
Hidrandina S.A.	La Libertad	201701	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	15	104	I	D	Hidrandina S.A.	MT	0.001	9E-04	15 - 104	[15] Otros y/o terceros	[15 - 104] Hurto de conductor o elemento eléctrico
Hidrandina S.A.	La Libertad	201702	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	15	101	I	D	Hidrandina S.A.	MT	0.001	6E-04	15 - 101	[15] Otros y/o terceros	[15 - 101] Colisión de vehículo contra estructuras
Hidrandina S.A.	La Libertad	201702	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	15	101	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.055	0.033	15 - 101	[15] Otros y/o terceros	[15 - 101] Colisión de vehículo contra estructuras
Hidrandina S.A.	La Libertad	201701	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	106	I	D	Hidrandina S.A.	MT	0.001	0.006	10 - 106	[10] Falla	[10 - 106] Contacto entre redes MT con instalaciones BT
Hidrandina S.A.	La Libertad	201701	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	15	104	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.06	0.047	15 - 104	[15] Otros y/o terceros	[15 - 104] Hurto de conductor o elemento eléctrico
Hidrandina S.A.	La Libertad	201701	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	106	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.058	0.278	10 - 106	[10] Falla	[10 - 106] Contacto entre redes MT con instalaciones BT
Hidrandina S.A.	La Libertad	201702	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	146	I	D	Hidrandina S.A.	MT	0.001	0.002	10 - 146	[10] Falla	[10 - 146] Línea abierta o caída
Hidrandina S.A.	La Libertad	201701	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	143	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.058	0.007	10 - 143	[10] Falla	[10 - 143] Otros, por falla humanas
Hidrandina S.A.	La Libertad	201702	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	146	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.055	0.077	10 - 146	[10] Falla	[10 - 146] Línea abierta o caída
Hidrandina S.A.	La Libertad	201701	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	143	I	D	Hidrandina S.A.	MT	0.001	1E-04	10 - 143	[10] Falla	[10 - 143] Otros, por falla humanas
Hidrandina S.A.	La Libertad	201701	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	143	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.002	3E-04	10 - 143	[10] Falla	[10 - 143] Otros, por falla humanas
Hidrandina S.A.	La Libertad	201702	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	146	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.002	0.003	10 - 146	[10] Falla	[10 - 146] Línea abierta o caída
Hidrandina S.A.	La Libertad	201702	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	15	101	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.002	0.001	15 - 101	[15] Otros y/o terceros	[15 - 101] Colisión de vehículo contra estructuras
Hidrandina S.A.	La Libertad	201710	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	145	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.026	0.015	10 - 145	[10] Falla	[10 - 145] Error de maniobra
Hidrandina S.A.	La Libertad	201708	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	146	I	D	Hidrandina S.A.	MT	0.002	0.001	10 - 146	[10] Falla	[10 - 146] Línea abierta o caída
Hidrandina S.A.	La Libertad	201706	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	15	118	I	D	Hidrandina S.A.	MT	2E-04	2E-04	15 - 118	[15] Otros y/o terceros	[15 - 118] Otros
Hidrandina S.A.	La Libertad	201702	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	146	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.837	0.088	10 - 146	[10] Falla	[10 - 146] Línea abierta o caída
Hidrandina S.A.	La Libertad	201709	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	15	127	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.942	1.249	15 - 127	[15] Otros y/o terceros	[15 - 127] Picado de Cable Subterráneo
Hidrandina S.A.	La Libertad	201705	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	13	109	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.091	0.749	13 - 109	[13] Por maniobra sin aviso, corta	[13 - 109] Seguridad
Hidrandina S.A.	La Libertad	201702	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	15	101	I	D	Hidrandina S.A.	MT	0.002	0.001	15 - 101	[15] Otros y/o terceros	[15 - 101] Colisión de vehículo contra estructuras



Hidrandina S.A.	La Libertad	201702	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	15	101	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.839	0.494	15 - 101	[15] Otros y/o terceros	[15 - 101] Colisión de vehículo contra estructuras
Hidrandina S.A.	La Libertad	201701	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	106	I	D	Hidrandina S.A.	MT	0.002	0.009	10 - 106	[10] Falla	[10 - 106] Contacto entre redes MT con instalaciones BT
Hidrandina S.A.	La Libertad	201709	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	15	127	I	D	Hidrandina S.A.	MT	0.002	0.003	15 - 127	[15] Otros y/o terceros	[15 - 127] Picado de Cable Subterráneo
Hidrandina S.A.	La Libertad	201709	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	148	I	D	Hidrandina S.A.	MT	0.001	1E-03	10 - 148	[10] Falla	[10 - 148] Bajo nivel de aislamiento ( Elemento Eléctrico mal dimensionado)
Hidrandina S.A.	La Libertad	201709	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	148	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.298	0.246	10 - 148	[10] Falla	[10 - 148] Bajo nivel de aislamiento ( Elemento Eléctrico mal dimensionado)
Hidrandina S.A.	La Libertad	201710	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	145	I	D	Hidrandina S.A.	MT	1E-04	9E-05	10 - 145	[10] Falla	[10 - 145] Error de maniobra
Hidrandina S.A.	La Libertad	201708	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	146	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.944	0.72	10 - 146	[10] Falla	[10 - 146] Línea abierta o caída
Hidrandina S.A.	La Libertad	201703	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	11	107	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.736	2.969	11 - 107	[11] Interrupcion por Expansion y Reforzamiento	[11 - 107] Expansión de redes
Hidrandina S.A.	La Libertad	201701	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	15	104	I	D	Hidrandina S.A.	MT	0.002	0.001	15 - 104	[15] Otros y/o terceros	[15 - 104] Hurto de conductor o elemento eléctrico
Hidrandina S.A.	La Libertad	201701	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	15	104	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.82	0.644	15 - 104	[15] Otros y/o terceros	[15 - 104] Hurto de conductor o elemento eléctrico
Hidrandina S.A.	La Libertad	201701	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	106	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.829	3.939	10 - 106	[10] Falla	[10 - 106] Contacto entre redes MT con instalaciones BT
Hidrandina S.A.	La Libertad	201706	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	152	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.03	0.055	10 - 152	[10] Falla	[10 - 152] Cortocircuito
Hidrandina S.A.	La Libertad	201701	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	143	I	D	Hidrandina S.A.	MT	0.002	2E-04	10 - 143	[10] Falla	[10 - 143] Otros, por falla humanas
Hidrandina S.A.	La Libertad	201709	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	162	I	D	Hidrandina S.A.	MT	1E-04	0.002	10 - 162	[10] Falla	[10 - 162] De única responsabilidad del cliente
Hidrandina S.A.	La Libertad	201705	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	15	112	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.1	0.068	15 - 112	[15] Otros y/o terceros	[15 - 112] Aves en instalaciones
Hidrandina S.A.	La Libertad	201702	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	146	I	D	Hidrandina S.A.	MT	0.002	2E-04	10 - 146	[10] Falla	[10 - 146] Línea abierta o caída
Hidrandina S.A.	La Libertad	201701	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	162	I	D	Hidrandina S.A.	MT	1E-04	9E-05	10 - 162	[10] Falla	[10 - 162] De única responsabilidad del cliente
Hidrandina S.A.	La Libertad	201706	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	15	118	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.023	0.03	15 - 118	[15] Otros y/o terceros	[15 - 118] Otros
Hidrandina S.A.	La Libertad	201703	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	11	107	I	D	Hidrandina S.A.	MT	0.002	0.006	11 - 107	[11] Interrupcion por Expansion y Reforzamiento	[11 - 107] Expansión de redes
Hidrandina S.A.	La Libertad	201701	TOE104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	10	143	I	D	Hidrandina S.A.	BT	0.827	0.102	10 - 143	[10] Falla	[10 - 143] Otros, por falla humanas

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 15., se presenta el índice de interrupciones registradas en centro de control de operaciones (CCO) con el que cuenta la empresa Hidrandina S.A.

AMT	TOE 101	TOE 102	TOE 103	TOE 104	TOE 105	TOE 201	TOE 202
N° FALLAS	16	12	21	33	75	3	9

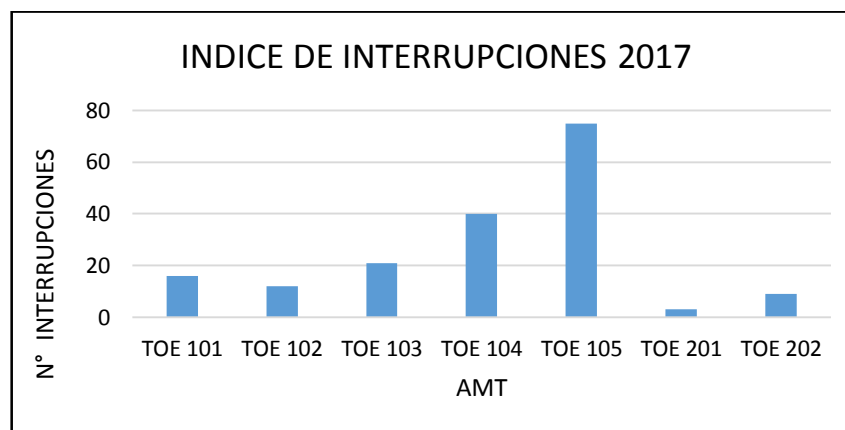


Figura 15. Índice de interrupciones de los AMT

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el grafico 3.1., el alimentador 105 Trujillo Nor Oeste (TOE 105), como el que presento más interrupciones en el periodo del año 2017, de manera que se entiende que cada interrupción es cuando dejas de entregar tensión al usuario (clientes), pudiendo ocasionar el pago de compensaciones por la energía no suministrada.

En la siguiente tabla 3.2., se muestra los elementos que conforman el alimentador de media tensión TOE 104.

Tabla 2. Elementos que conforman alimentador de media tensión

AMT	SED DISTRIBUCIÓN	KM RED	ESTRUCTURAS	SECCIONADORES CUT OUT	RECLOSER	TRAFORMIX
TOE 104	67	26.53	289	88	2	8

Fuente: Elaboración propia

### 3.2 SAIDI – SAIFI

La tabla N° 3 nos muestra los indicadores SAIFI y SAIDI del primero y segundo semestre del año 2017 de los alimentadores de media tensión Trujillo Nor Oeste, ya que nuestro tema de estudio se basa en esta rama del área de distribución.

El detalle mostrado nos permitirá determinar qué alimentador es el más crítico y que acciones se aplicaran para mejorar los indicadores de calidad de suministro.

Tabla 3. Indicadores de SAIFI y SAIDI por semestre del año 2017

ALIMENTADORES DE MEDIA TENSIÓN (AMT)	SEMESTRE 1		SEMESTRE 2	
	DISTRIBUCIÓN		DISTRIBUCIÓN	
	SAIDI (Horas)	SAIFI (Veces)	SAIDI (Horas)	SAIFI (Veces)
TOE 101 Alto Mochica - Santa Beatriz	8.003	2.734	7.93	2.623
TOE 102 San Isidro	8.037	3.015	7.623	2.41
TOE 103 - Alto Mochica - Huerta Grande	12.505	6.516	11.45	6.212
TOE 104 - San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	<b>11.85</b>	<b>7.658</b>	<b>9.26</b>	<b>5.32</b>
TOE 105 - San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	4.02	4.128	3.72	3.87
TOE 201 - Mall Aventura Plaza - Metro	1.706	1.236	1.603	1.132
TOE 202 - Huanchaco	8.624	1.97	8.236	1.68

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla 3., muestra que el indicador SAIDI en el primer semestre fue de 11.85 horas que significa el tiempo promedio de interrupción por usuario y en el segundo semestre fue de 9.26 horas, el SAIFI en el primer semestre fue de 7.658 veces que significa la frecuencia con la que se presentó una interrupción por usuario y en el segundo semestre fue de 5.32 veces. Estos valores pertenecen al año 2017.

### 3.3 ENS

La energía no suministrada (ENS), se basa en cuanto deja de distribuir en Kw/h la empresa Hidrandina S.A., a sus clientes por motivos de interrupciones o expansión

del suministro. Para la realización del cálculo de la energía no suministrada (ENS), se hace uso de la ecuación N° 3.

En la Figura 16., se detalla la energía no suministrada del primero y segundo semestre del año 2017, por cada alimentador perteneciente a Trujillo Nor Oeste.

ALIMENTADORES DE MEDIA TENSIÓN (AMT)	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2
	DISTRIBUCIÓN	DISTRIBUCIÓN
	ENS (Kw/h)	ENS (Kw/h)
TOE 101 Alto Mochica - Santa Beatriz	3546.98	2164.32
TOE 102 San Isidro	1374.21	992.12
TOE 103 - Alto Mochica - Huerta Grande	928.32	638.23
TOE 104 - San Isidro - Sta. Ines	14548.68	10479.34
TOE 105 - San Isidro - Praderas del Norte	8413.62	6134.26
TOE 201 - Mall Aventura o	2135.38	1968.83
TOE 202 - Huanchaco	795.43	636.21

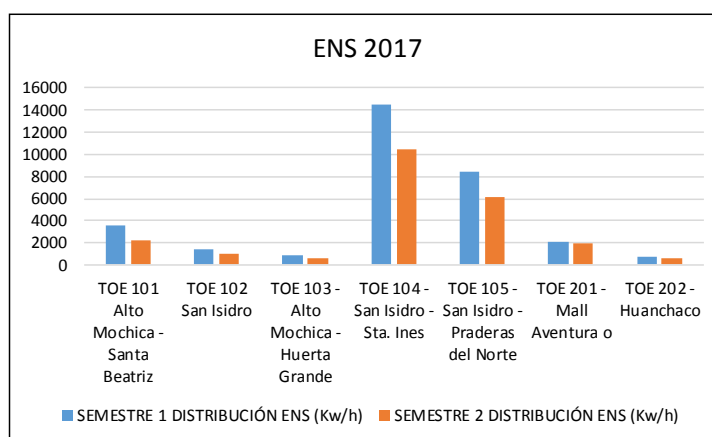


Figura 16. Energía no suministrada de cada AMT por semestre

Fuente: Elaboración propia

Podemos definir según la grafica 16., a la TOE 104, como el alimentador que dejo de distribuir mas energia electrica a los usuarios.

### 3.4 COMPENSACIÓN

Las compensaciones por calidad de energía, se calculan por cada usuario afectado (energía no suministrada), mediante el uso de las ecuaciones N° 3, 4 y 5.

En la Figura 17., se representa las compensaciones registradas en el año 2017 a los usuarios por cada alimentador de media tensión.

ALIMENTADORES DE MEDIA TENSIÓN (AMT)	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2
	DISTRIBUCIÓN	DISTRIBUCIÓN
	COMPENSACIÓN (\$)	COMPENSACIÓN (\$)
TOE 101 Alto Mochica - Santa Beatriz	5586.49	3408.8
TOE 102 San Isidro	2164.38	1562.58
TOE 103 - Alto Mochica - Huerta Grande	1462.1	1005.21
TOE 104 - San Isidro - Sta. Ines	25969.39	9499.52
TOE 105 - San Isidro - Praderas del Norte	13251.45	9661.45
TOE 201 - Mall Aventura	3363.2235	3100.9
TOE 202 - Huanchaco	1252.8	1002.03

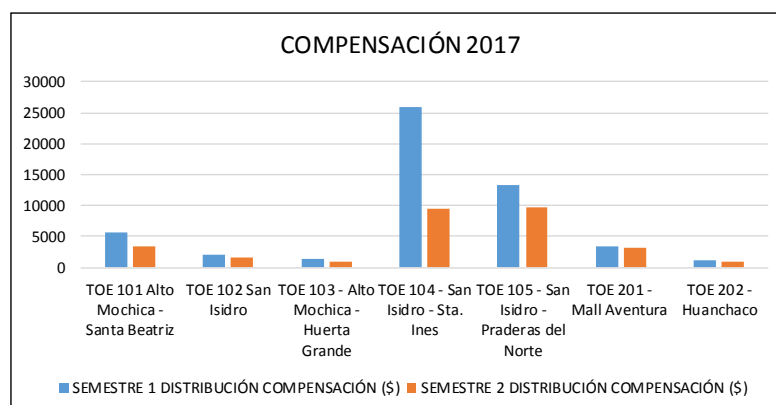


Figura 17. Indicador de Compensación por semestre

Fuente: Elaboración propia

La figura 17 muestra que los alimentadores que más compensaron son TOE 104 con un valor de 25969.39 dolares(1er semestre) y 9499.52 dolares (2do semestre) en el año 2017 y la TOE 105 con un valor de 13251.45 dolares (1er semestre) y 9661.45 dolares (2do semestre) en el año 2017.

### 3.5 Determinación de AMT crítica

Una vez calculado los indicadores de calidad de suministro de media tensión en Trujillo Nor Oeste, se determina la TOE 104 como el más crítico debido a que sus indicadores no son favorables como se detalla en la tabla 4.

Tabla 4. Resumen de indicadores de calidad de suministro por ATM

AMT	SAIDI (Horas)	SAIFI (Veces)	ENS (Kw/h)	Compensación (\$)
TOE 101 Alto Mochica - Santa Beatriz	7.9665	2.6785	5711.3	8995.29
TOE 102 San Isidro	7.83	2.7125	2366.33	3726.96
TOE 103 Alto Mochica - Huerta Grande	11.9775	6.364	1566.55	2467.31
TOE 104 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	<b>10.555</b>	<b>6.489</b>	<b>25028.02</b>	<b>35468.91</b>
TOE 105 San Isidro - Praderas del Norte - Sta. Ines	3.87	3.999	14547.88	22912.9
TOE 201 Mall Aventura Plaza - Metro	1.6545	1.184	4104.21	6464.1235
TOE 202 Huanchaco	8.43	1.825	1431.64	2254.83

Fuente: Elaboración propia

En la TOE 104, se presentaron varias interrupciones las cuales son consideradas fallas, siendo las más comunes:

- Colisión de vehículos contra infraestructura
- Hurto de conductor o elemento eléctrico
- Contacto entre redes de MT y BT
- Línea abierta o caída
- Bajo nivel de aislamiento
- Corto circuito
- Error de maniobra
- Aves en instalaciones
- Picado de cables subterráneo

Las fallas pueden ser internas o externas. Se dice que una falla es interna, cuando la empresa distribuidora (Hidrandina) es responsable de que esta ocurra, y la falla externa es responsabilidad del usuario o propias del medio ambiente (lluvias, huaicos, terremotos, etc.). Una falla puede ser reparada de manera rápida según el grado de criticidad.

En el anexo 01, se muestra el diagrama unifilar del alimentador de media tensión TOE 104.

A continuación se realizara el cálculo de una situación particular como ejemplo.

Calculo de la compensación por NTCSE para un cliente ejemplo de media tensión; el cual tiene los siguientes datos:

N.T	N'	D'
B.T	8	13
M.T	6	10
A.T	3	6

$$ERS = 120,000 \text{ kWh} \quad HRS = 4368 \text{ horas} \quad N' = 6 \text{ veces}$$

$$N = 8 \text{ veces} \quad D' = 10 \text{ horas} \quad D = 28.3 \text{ horas}$$

$$\sum d_i = 33.3 \text{ horas} \quad e = 0.35 \text{ S\$/kWh}$$

La relación de las interrupciones que afectaron al alimentador que pertenecen a este cliente se encuentra en la tabla a continuación.

Interrupciones	Ki
Programadas* por expansión o reforzamiento	0.5
Programadas por mantenimiento	0.25
Por Falla u otras	1

### Cálculo del factor E

$$E = \left[ 1 + \left( \frac{N-N'}{N'} \right) + \left( \frac{D-D'}{D'} \right) \right] \quad (5)$$

(

$$E = \left[ 1 + \left( \frac{8-6}{6} \right) + \left( \frac{28.3-10}{10} \right) \right]$$

$$E = 3.16$$

### Calculo de la ENS

$$ENS = ERS / (NHS - \sum d_i) \times D \quad (3)$$

(

$$ENS = \frac{120,000}{(4368 - 33.3)} \times 28.3$$

$$ENS = 783.44 \text{ kWh.}$$

### **Compensación**

$$\text{Compensaciones por interrupciones} = e . E . ENS \quad (4)$$

(

$$\text{Compensaciones por interrupciones} = 0.35 \times 3.16 \times 783.44$$

$$\text{Compensaciones por interrupciones} = 866.48 \text{ Dolares}$$

### **3.6 Actividades predictivas**

Se realizará un plan de mantenimiento predictivo mediante termografía en los alimentadores de media tensión Trujillo Nor Oeste, con la finalidad de minimizar el riesgo de una falla en los equipos y componentes, para garantizar un suministro continuo de energía eléctrica, evitando paros no programados que representarían pérdidas económicas a la empresa Hidrandina S.A.

En equipos de una subestación y líneas de distribución eléctrica normalmente se producen problemas relacionados con alta resistencia eléctrica, cortocircuitos, circuitos abiertos, calentamiento por inducción, armónicos, desequilibrio de carga, sobrecarga y mal ajuste en los contactos de los seccionadores, los cuales son generalmente detectados por la termografía.



### 3.7 Criterios de diseño para el mantenimiento predictivo basado en termografía

Al momento de definir criterios de diseño para el mantenimiento predictivo se debe analizar los parámetros bajo los cuales ocurren las fallas, la magnitud de estas para luego evaluar la severidad de las mismas.

Dentro del campo de la termografía se usa el criterio de delta temperatura, que básicamente determina la diferencia de temperaturas entre dos puntos uno que esté operando en condiciones normales más conocido como punto de referencia y otro que presente fallas.

**a) Inspección termográfica:** El técnico termografista debe tener conocimiento del proceso de funcionamiento de los diferentes sistemas a ser inspeccionados, es decir procesos tales como eléctricos, mecánicos, aislamientos, etc.

Para inspecciones eléctricas se recomienda la presencia de un electricista que conozca del tema para identificar y descubrir los equipos que van a ser inspeccionados.

**b) Termografía comparativa:** Es un proceso utilizado por los termógrafos para comparar componentes similares en condiciones iguales para evaluar el estado del equipo que será inspeccionado.

Cuando la termografía comparativa se utiliza de forma apropiada y correcta, las diferencias entre los equipos evaluados suelen ser indicadoras de su estado.



Figura 18. Termografía comparativa en líneas de media tensión

Fuente: Vinicio Solis, 2013

A continuación se presentan algunos motivos de las altas temperaturas en los sistemas eléctricos:

- Incremento de resistencia en puntos de conexión: Es decir, un incremento de la resistencia de contacto da lugar a un incremento de la potencia disipada en dicho contacto, lo cual se traduce en condiciones normales, en un incremento de su temperatura dando lugar a un “punto caliente” el cual se puede detectar de una forma precisa con una cámara termográfica.
- Fallos en los sistemas de refrigeración: El calor que se genera, por ejemplo en los transformadores de potencia, debe ser evacuado al exterior a través de los sistemas de refrigeración en los intercambiadores de calor. Si esta extracción de calor se reduce o falla, debido por ejemplo a una obstrucción en los tubos del intercambiador o un fallo en los ventiladores en caso de tratarse de una ventilación forzada, el transformador se va a calentar en exceso lo cual puede dar lugar en última instancia al fallo del mismo.

- Corrientes de fuga en sistemas aisladores: La reducción de la resistencia de aislamiento debido a suciedad o contaminantes puede dar lugar a la aparición de corrientes de fuga y arcos que dan lugar al calentamiento de los equipos y por lo tanto a su deterioro.

**b) Frecuencia de inspección termográfica en sub estaciones y alimentadores:**

Las frecuencias de inspección dependerá de la particularidad de cada empresa a través de su área de supervisión y mantenimiento.

Se debe tener en cuenta que las inspecciones realizadas con mayor frecuencia (trimestral) favorecerán la detección de anomalías térmicas en las etapas iniciales, lo que permite realizar mantenimiento programado, mientras que, con periodicidad a largo plazo puede encontrar defectos en las etapas críticas que requieren mantenimiento de urgencia.

### **3.8 Programa de mantenimiento predictivo**

El programa de mantenimiento predictivo está basado esencialmente en la inspección termográfica, cabe mencionar que en los alimentadores de media tensión se presentan diferentes anomalías como el fenómeno de efecto corona y el hurto de los elementos eléctricos que conforman el ramal por lo que se recomienda la inspección de efecto corona y la inspección minuciosa.

**PROGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO AMT (TOE 104)**

**OBJETIVO:** Asegurar que las condiciones de la infraestructura y en general de todo el equipamiento de las áreas de trabajo se encuentren en óptimas condiciones, mediante la realización de los respectivos mantenimientos según la necesidad.

**ALCANCE:** Aplicable a todos los alimentadores de media tensión de Trujillo Nor Oeste (TOE 101, TOE 102, TOE 103, TOE 104, TOE 105, TOE 201, TOE 202)

N°	Mantenimiento	Ejecutor	Frecuencia		ZONAS														OBSERVACIONES	CUMPLIMIENTO %
					1		2		3		4		5		6		7			
					URB. SAN ISIDRO		URB. LOS CEDROS		URB. SANCHEZ CARRIÓN		URB. SANTA INES		URB. LA ESMERALDA		LA ESPERANÇITA		URB. SAN ISIDRO 1RA ETAPA			
					P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E		
1	Inspección Termografica	Área Predictiva	Trimestral	Enero																
				Abril																
				Julio																
				Octubre																
2	Inspección Efecto Corona	Área Predictiva	Trimestral	Enero																
				Abril																
				Julio																
				Octubre																
3	Inspección Minuciosa	Área Predictiva	Trimestral	Enero																
				Abril																
				Julio																
				Octubre																

Leyenda: Programado

Ejecutado

P

E

Figura 19. Programa de mantenimiento predictivo

Fuente: Elaboración propia

### **3.9 Realización de inspección termográfica**

Para la realización de las inspecciones termográfica se siguió la siguiente metodología:

#### **a) Definición de la tarea**

El personal responsable del área previa coordinación, recibe la orden de mantenimiento en el cual figura la radial a inspeccionar junto con los planos de dicha zona.

#### **b) Requisitos**

- Tener el diagrama unifilar de alimentador a ser inspeccionado.
- Contar con el personal calificado para la inspección
- Contar con los Equipos de protección personal para dicha labor
- Se debe realizar la inspección termográfica a plena carga del sistema (máxima demanda)
- La inspección de la termografía se debe realizar a partir de las 18:30 horas.

Además, se debe tener en cuenta otros factores que influyen tales como el medio ambiente, velocidad del viento, lluvias, humedad, niebla, temperatura ambiental, etc. disponibilidad de los equipos.

## Cuadro de equipos de proteccion personal

Elemento de Protección Personal	Características
Casco	Protección de cabeza antes golpes o caídas de objetos
Anteojos	Protección de la vista ante proyecciones de partículas en aire
Arnés	Protección ante caídas
Guantes de Protección Mecánica	Protección ante cortes, golpes, etc
Calzado de Seguridad Dielectrico	Protección de pies ante caídas de objetos
Ropa Ignífuga	Protección de cuerpo ante agresores mecánicos y térmicos

Elementos Complementarios	Característica
Pértiga	Elemento para uso eventual en la colocación de puentes y cubiertas
Elementos de Señalización	Compuesto por conos, mallas, palitroques para señalización de vehículos en la vía pública, delimita la zona de trabajo en la cual debe estar únicamente la persona autorizada
Escalera Telescopica	Para trabajos de altura

### a. Procedimiento

- Primero se recibe la orden de mantenimiento (ver anexo 03), la cual señala la radial a ser inspeccionada
- Se define las rutas y se crea una lista de los equipos a ser inspeccionados
- Se procede el traslado del personal a la zona señalada para el inicio de la inspección
- El personal encargado de la inspección debe realizar la charla de 5 minutos
- Verificar que las subestaciones y las redes de distribución se encuentren energizadas
- Se procede a realizar la inspección termográfica y visual partiendo desde el inicio del alimentador hasta los puntos de cargas.
- Elaboración de reporte de la inspección termográfica (ver anexo 04)

En la figura 20., se presenta el flujo de la aplicación de cámara termográfica y su proceso de manejo de información.

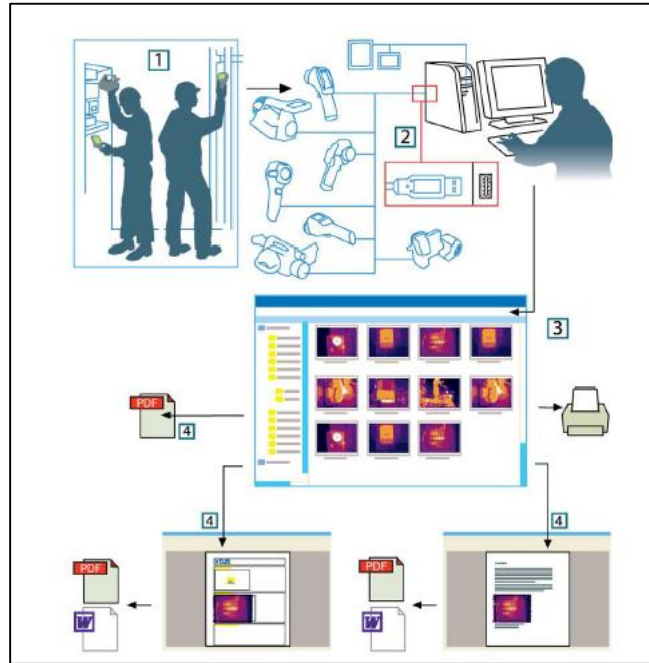


Figura 20. Flujo de trabajo utilizando camara termografica

Fuente: (Aznarán, 2016, pp 57

– **Leyenda del Flujo de Trabajo:**

- **1.-Fase 1:** Inspección de equipos establecidos
- **2.-Fase 2:** Desplazamiento de imágenes a la PC mediante clave USB
- **3.-Fase 3:** Verificación de datos
- **4.-Fase 4:** Elaboración de informes de imágenes

**b. Análisis y creación de informes**

- Se procede a la inspección de la radial en estudio, mediante la inspección con la cámara termográfico.
- Luego se descarga la información registrada por la cámara termográfica.
- Se procede analizar y establecer los puntos críticos (puntos calientes).

Según las tomas realizadas con la cámara termográfica se registró los siguientes datos:

En esta toma como resultado apreciamos el punto caliente de conector de línea de la fase inferior de la estructura 00123284 (figura 21.) AMT TOE104 con una

temperatura 51.0 °C, ya que se encontró el punto crítico originado por el falso contacto y la humedad. (ver anexo 02)

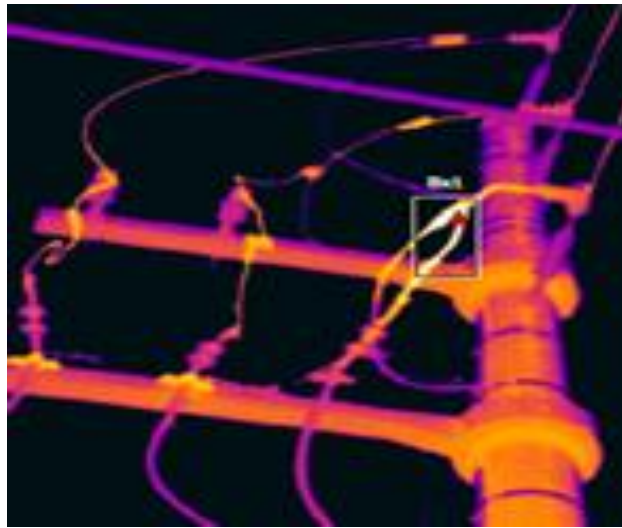


Figura 21. Punto caliente de conector en la Estructura 00123284

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente toma nos muestra los puntos calientes de conector y la base y el seccionador CUT OUT de la fase lateral izquierda y central contacto superior de la estructura 0023173 (figura 22.) AMT TOE 104 con una temperatura de 73.0 °c y 43.2°c ya que se encontró puntos críticos en el conector y el mal contacto de la parte superior del fusible tipo k.(ver anexo 03)





Figura 22. Punto caliente de CUT-OUT Estructura 0023173

Fuente: Elaboración propia

La criticidad de esta toma realizada se determinó mediante las especificaciones de la NETA (International Electrical Testing Association), la cual nos indica los rangos de diferencia de temperaturas entre componentes similares y operando bajo las mismas cargas como se muestran en la tabla 3.5., a continuación.

TEMPERATURA	ACCIÓN TOMAR	COLOR
<b>&gt;80° Delta de T &gt; 30°</b>	<b>Anomalía muy grave que requiere atención inmediata</b>	<b>Rojo</b>
<b>&gt;30° Delta de T &gt;5°</b>	<b>Anomalía seria que requiere atención tan pronto como sea posible</b>	<b>Amarillo</b>
<b>Delta hasta 5°</b>	<b>Anomalía que requiere monitoreo para repararse</b>	<b>Verde</b>

Tabla 3.5.: Rangos de temperatura de análisis termografico

Fuente: Especificación NETA (International Electrical Testing Association)

- Se procede a describir con exactitud la ubicación y la descripción del punto crítico.
- Se realiza resumen en base al reporte termografico

Luego de haber realizado la inspección termografica y la recopilación de datos tomados, se registra en el formato de inspección (ver anexo 04), que sirve como historial y así poder hacer el seguimiento correspondiente, que ayude a mantener la continuidad del servicio y el cuidado de los elementos eléctricos.

A continuacion se presenta el diagrama de flujo de la aplicación del mantenimiento predictivo (figura 23.) para los alimentadores de media tensión de Trujillo Nor Oeste.

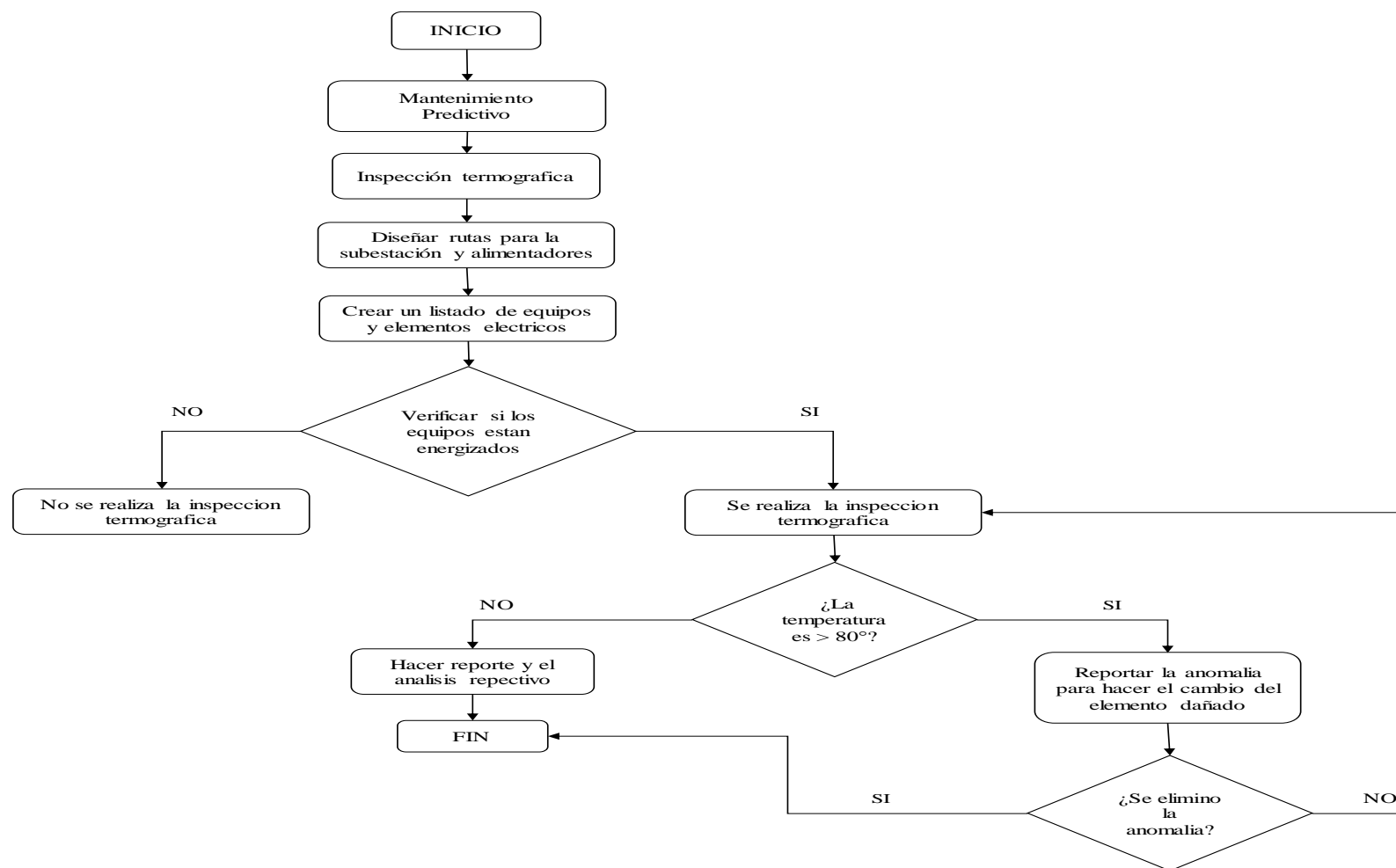


Figura 23. Diagrama de flujo de analisis termografico

Fuente: Elaboración propia

### 3.10 Proyección de indicadores después de aplicar las actividades predictivas

Con la aplicación y ejecución del programa de mantenimiento predictivo en el alimentador de media tensión TOE 104, contando con la información del año 2017, se proyectan los indicadores de calidad de suministro para el primer semestre del año 2018.

### 3.11 SAIDI – SAIFI

El número y la duración promedio de la interrupciones del AMT TOE 104 tomado para este estudio tuvo una reducción.

En la Figura 24., se observa que el AMT TOE 104 obtuvo un reducción de 30% del indicador SAIDI para el primer semestre del 2018, con respecto al primer semestre del año 2017.

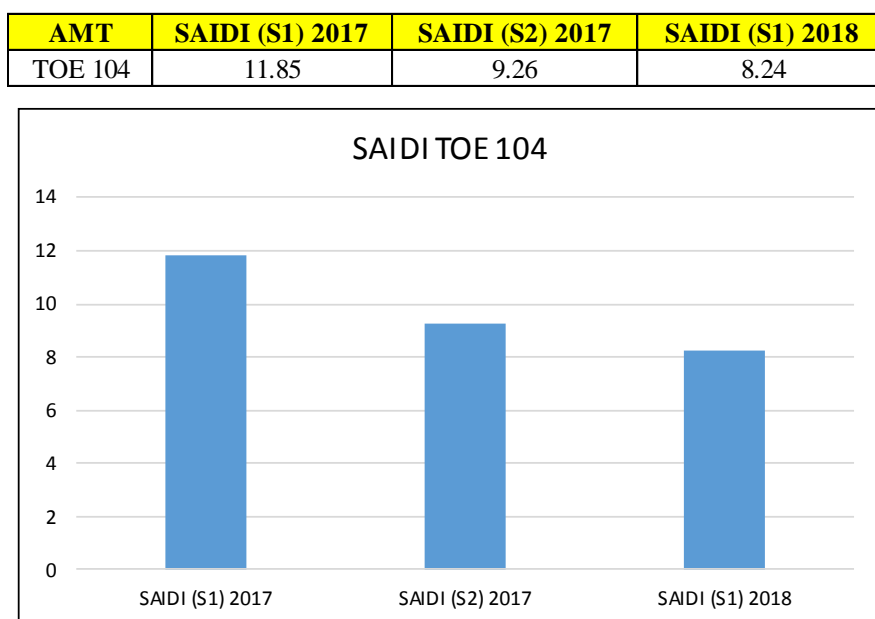


Figura 24. Indicadores SAIDI TOE 104

Fuente: Elaboración Propia

En el grafico 25., se observa que el AMT TOE 104 obtuvo una reducción del 35% del indicador SAIFI para el primer semestre del 2018, con respecto al primer semestre del año 2017.

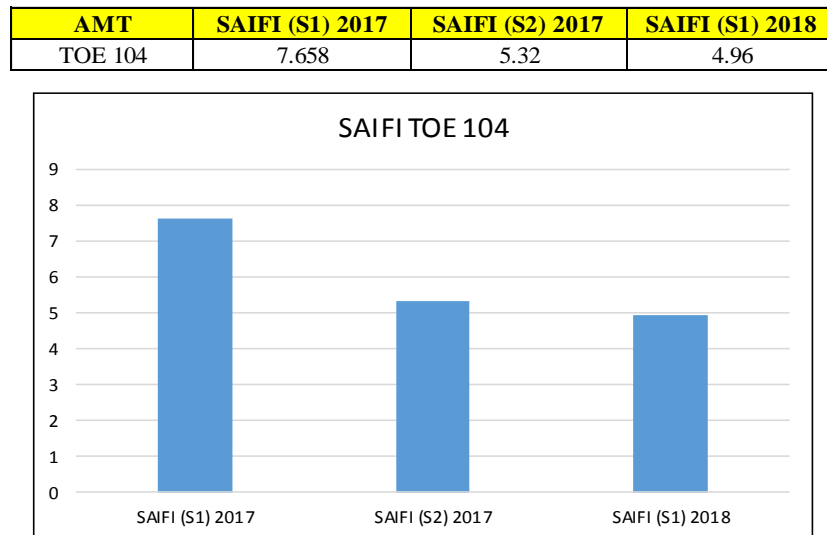


Figura 25. Indicadores SAIFI TOE 104

Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en las gráficas el indicador SAIFI en el primer semestre del año 2017 fue de 7.658 veces, y en el primer semestre del año 2018 se obtuvo 4.96 veces, el indicador SAIDI en el primer semestre del año 2017 fue de 11.85 horas y en el primer semestre del año 2018 se obtuvo 8.24 horas.

Este indicador nos muestra que los resultados son favorables con la ejecución del programa de mantenimiento predictivo.

### 3.12 ENS

En la gráfica 26., a continuación se presenta la energía no suministrada en el primer semestre del año 2018, viéndose que se tuvo una reducción de 65.5% comparándola con el primer semestre del año 2017.

AMT	ENS (S1) 2017	ENS (S2) 2017	ENS (S1) 2018
TOE 104	14548.68	10479.34	5017.59

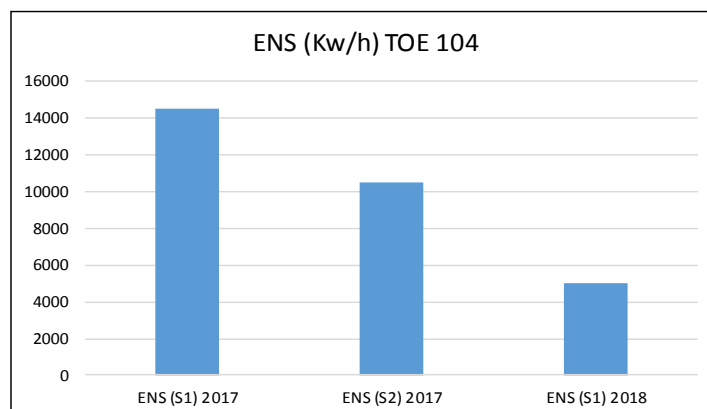


Figura 26. Energía no suministrada

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la gráfica el indicador ENS 14548.68 Kw/h en el primer semestre del año 2017, y en el primer semestre del año 2018 se obtuvo 5017.59 Kw/h.

### 3.13 Compensación

En la Figura 27 se observa que el AMT TOE 104 obtuvo una reducción de 65.5% para el primer semestre del 2018, con respecto al primer semestre del año 2017.

AMT	COMP. (S1) 2017	COMP. (S2) 2017	COMP. (S1) 2018
TOE 104	25969.39	9499.52	8956.4

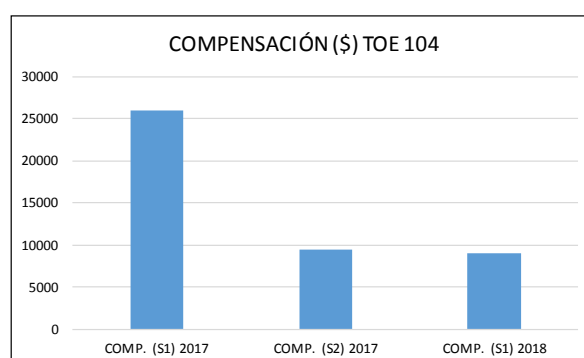


Figura 27. Compensación

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la gráfica el indicador Compensación en el primer semestre del año 2017 fue de 25969.39 dólares, y en el primer semestre del año 2018 se obtuvo 8956.4 dólares.

Este indicador se calculó en base a cada usuario perteneciente al alimentador de media tensión TOE 104.

Después de aplicar el mantenimiento predictivo se obtuvo una reducción en el pago de compensación por energía no suministrada de 65.5%, obteniéndose un ahorro de 17012.99 dólares para la empresa Hidrandina S.A., siendo factible la aplicación de esta metodología, ya que no solo se ahorrara dinero, sino que el servicio será de mejor calidad (menos interrupciones) para sus clientes.

### 3.14 Análisis de Costo por mantenimiento predictivo (termografía)

Se estima el costo anual de mantenimiento predictivo a realizarse en un periodo trimestral, el cual se detalla en el siguiente cuadro.

Descripción	Unidad	COSTO UNITARIO	CANTIDAD ANUAL REQUERIDA	TOE104	COSTO ANUAL
<b>INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA DE REDES AEREAS MT</b>	<b>Estructura</b>	18.61	2.00	152	11,316.52
<b>INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA EN SED</b>	<b>SED</b>	36.86	2.00	53	7,814.27
<b>TOTAL</b>					<b>19,130.79</b>

El costo total del mantenimiento predictivo haciende a 19,130.79 soles/año.

Los costos del mantenimiento preventivo y correctivo tiene un costo mucho más elevado, debido a que en el caso de mantenimiento preventivo, se hace con mayor frecuencia, a diferencia del mantenimiento correctivo que es cuando sucede una falla pudiendo deteriorar los elementos eléctricos, por ende los costos se elevarían siendo incalculables. Para lo cual se recomienda realizar de manera eficiente el mantenimiento ante mencionado.

### 3.1.5 Rentabilidad del Proyecto

A continuación, se muestra los cuadros Comparativos de pago por Compensaciones y Costo por mantenimiento termográfico del AMT (TOE 104).

#### Pago por Compensación (2017)

DESCRIPCIÓN	I SEMESTRE	II SEMESTRE	TOTAL DOLARES/AÑO
ATM (TOE 104)	\$ 25,969.39	\$ 9,499.26	\$ 35,468.65
\$ 35,468.65 * 3.4 (TIPO DE CAMBIO) = S/. 120,593.41			

Costo de mantenimiento 2017 = s/. 19,130.80

#### Pago por compensaciones Proyectado (2018)

DESCRIPCIÓN	I TRIMESTRE	II TRIMESTRE	III TRIMESTRE	IV TRIMESTRE	TOTAL DOLARES/AÑO
ATM (TOE 104)	\$ 4,478.20	\$ 4,478.20	\$ 4,478.20	\$ 4,478.20	\$ 17,912.80
\$ 17,912.80 * 3.4 (TIPO DE CAMBIO) = S/. 60,903.52					

#### Costo del Mantenimiento proyectado (2018)

DESCRIPCIÓN	I TRIMESTRE	II TRIMESTRE	III TRIMESTRE	IV TRIMESTRE	TOTAL SOLES/AÑO
MANTENIMIENTO TERMOGRAFICO	S/. 4,782.70	S/. 4,782.70	S/. 4,782.70	S/. 4,782.70	S/. 19,130.80

Se concluye que el pago por mantenimiento trimestral (año 2018) llegaría a un costo de 19,130.80 soles/año, más S/. 60,903.52 que es el pago por compensaciones, nos da un total de s/. 80,034.32



Este proyecto es rentable (viable) porque tenemos s/.139,724.21 (Costo del año 2017) menos s/.80,034.32 (costo del año 2018), se obtiene una disminución de 59,689.89 soles/año (ahorro).

Con este plan de mantenimiento se logra optimizar las interrupciones no deseadas y pago por compensaciones, por consiguiente el ahorro podría ser invertido en mejorar los elementos eléctricos que conforman los alimentadores de media tensión, como también aumentar la frecuencia del mantenimiento predictivo a fin de aumentar la confiabilidad del sistema.

# **IV**

# **DISCUSIÓN**

#### **IV. Discusión**

Del análisis realizado a los 7 alimentadores de media tensión de Trujillo Nor Oeste, se definió al AMT TOE 104, como la más crítica debido a que los indicadores de calidad de suministro no eran los más favorables con respecto a los otros alimentadores.

El indicador SAIFI en el primer semestre del año 2017 fue de 7.658 veces, y en el primer semestre del año 2018 se obtuvo 4.96 veces.

El indicador SAIDI en el primer semestre del año 2017 fue de 11.85 horas y en el primer semestre del año 2018 se obtuvo 8.24 horas.

El indicador de ENS en el primer semestre del año 2017 fue de 14,548.68 kW/h y en el primer semestre del año 2018 se obtuvo 5,017.59 kW/h.

El indicador de compensación del año 2017 fue de 25,969.39 dólares, y en el primer semestre del año 2018 fue de 8,956.4 dólares.

La unidad de Nor Oeste tiene definido su plan de mantenimiento predictivo, preventivo e inspección minuciosa, los cuales no vienen siendo muy eficientes como se muestra en los indicadores de suministro.

## **V**

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1 Conclusiones

Con los valores obtenidos de los indicadores SAIFI y SAIDI en el año 2017 (SAIFI = 7.658 y SAIDI = 11.85), hemos logrado reducir en el primer semestre del año 2018, donde se obtuvieron los valores en SAIFI 4.96, obteniendo una reducción de 35% y en SAIDI 8.24, obteniéndose una reducción de 30%.

La energía no suministrada en el año 2017 fue de 14548.68 kW/h, y el primer semestre del 2018 es 5,017.59 kW/h, por lo que se asume que al término del segundo semestre del 2018, los resultados serán favorables reduciendo los valores del año 2017 ya que se obtuvo una reducción de 65%.

Se obtuvo en el indicador de compensación en el primer semestre del año 2017 un monto de 25,969.39 dólares, y en el primer periodo del año 2018 el monto de 8,956.4 dólares, obteniéndose una reducción de 65.5%.

Con respecto a la factibilidad del proyecto, en el año 2017 se pagó en compensación un monto de US \$ 35,468.65 viniendo a ser S/ 120,593.41, y en el año 2018 haciendo el plan de mantenimiento trimestral, se proyecta a disminuir el pago de compensaciones a un monto de S/. 60,903.52

Para mejorar los indicadores de calidad de suministro, se debe seguir y cumplir con el programa de mantenimiento predictivo por termografía.

## 5.2 Recomendaciones

Para poder mejorar la calidad de suministro en los alimentadores de media tensión Trujillo Nor Oeste, es necesario cumplir con los programas de mantenimiento predictivo.

En nuestro trabajo se ha determinado que gran % de las fallas son de responsabilidad del mal dimensionamiento de los elementos, falta de lavado de aisladores, etc. Por ello es necesario cumplir con los programas existentes de mantenimiento.

La supervisión y control de las instalaciones eléctricas utilizando la inspección termográfica es muy importante para conocer claramente las características del sistema y el entorno de los equipos hacia los cuales iba dirigido. Esto permitió tener una visión más concreta de las actividades que se desarrollaron en las fases de implementación y ejecución del programa de mantenimiento predictivo.

Se recomienda analizar la antigüedad de cada ramal perteneciente a los alimentadores para ver si los elementos que los conforman, ya cumplieron su ciclo de vida útil.

Realizar mantenimiento predictivo a todos los componentes del sistema de distribución haciendo uso de la termografía en intervalos de tiempo programado, asimismo revisar el efecto corona e inspección minuciosa, complementando estas 3 actividades hará que los indicadores mejoren, garantizando así la operatividad de los equipos, dado que la operatividad nos conlleva a brindar un servicio de calidad y confiabilidad de todo el sistema de distribución.

# **VI**

# **REFERENCIAS**

## VI. Referencias

Ayre, Jorge. (2005). *Evaluación de la confiabilidad mediante el método de modo de fallas y ubicación optima de seccionadores en una red de distribución eléctrica*. Tesis (Ingeniero Electricista) Lima: Universidad de Ingeniería.

Camacho, C., Forero, D. y Sarmiento, H. (2017). *La termografía como herramienta de diagnóstico predictivo para los elementos eléctricos conectados a la red de energía*. Tesis (Tecnólogo en Electricidad). Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira. 1- 115pp.

Mora, L. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A.

Reyes, B. (2016). *Aplicación de la termografía infrarroja en tableros eléctricos de distribución para mejorar la seguridad y la calidad de la energía eléctrica*. Tesis (Ingeniero en Energía). Perú – Chimbote. Universidad Nacional del Santa. 1 – 92pp.

Salas, D. (2013). *Diagnóstico, análisis y propuesta de mejora al proceso de gestión de interrupciones imprevistas en el suministro eléctrico de baja tensión, caso: empresa distribuidora de electricidad en Lima*. Tesis (Gestión Empresarial). Lima: Pontifica Universidad Católica del Perú. 1- 120pp.

Saune, S. (2017). *Optimización de los indicadores de calidad de suministro con mantenimiento de líneas energizadas en los alimentadores de media tensión en la ciudad de Trujillo*. Tesis (Ingeniero Mecánico Electricista) Trujillo: Universidad Cesar Vallejo 1 – 107pp.



Solís, V. (2013). *Desarrollo del mantenimiento predictivo mediante la técnica de la termografía para evaluar el correcto funcionamiento de la subestación oriente y alimentador totoras de la empresa eléctrica Ambato S.A. Tesis (Ingeniero de Mantenimiento)*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 1 – 224pp.

Zavaleta, H. (2015). *Mejoramiento del mantenimiento eléctrico en la empresa HIDRANDINA S.A. mediante la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)*. Tesis (Ingeniero Mecánico Electricista) Trujillo: Universidad Cesar Vallejo.

## INDICE DE ABREVIATURAS

SAIDI: Índice de duración media de la interrupción del sistema.

SAIFI: Índice de frecuencia de interrupción media del sistema.

NTCSE: Norma técnica de calidad de servicios eléctricos.

AMT: Alimentador de media tensión.

ENS: Energía no suministrada.

ERS: Energía registrada en un semestre.

A.T: Alta tensión.

B.T: Baja tensión.

M.T: Media tensión.

Kv: Kilovoltios

SED: Sub estación de distribución.

Kwh: Kilovatios / Hora.

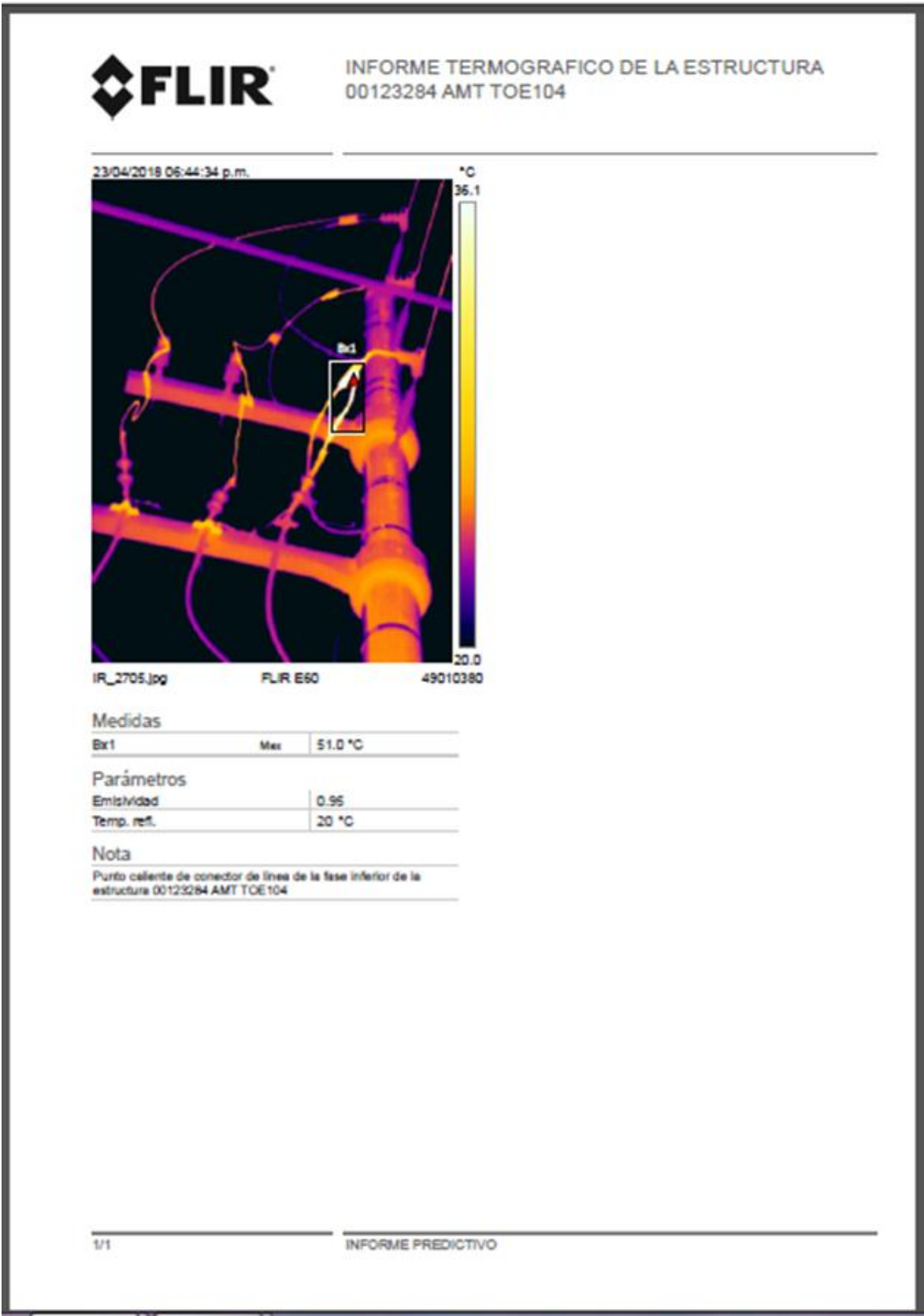
Mwh: Megavatios / Hora.

DFL: Diagrama de flujo.

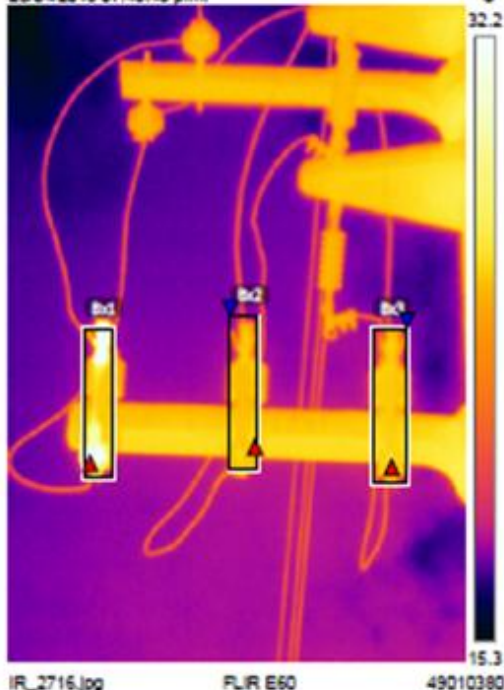
## **ANEXOS**

**ATM : TOE 104**

ANEXO 02. IMÁGENES TERMOGRAFICAS



23/04/2018 07:45:45 p.m.



#### Medidas

Bx1	Max	98.9 °C
Bx2	Max	26.3 °C
	Min	17.8 °C
	Average	24.6 °C
Bx3	Max	26.6 °C
	Min	17.7 °C
	Average	24.7 °C


#### Parámetros

Emissividad	0.95
Temp. ref.	20 °C

#### Nota

Punto caliente de secc. CUT-OUT de la fase lateral izquierda  
contacto inferior de la estructura 0098547 AMT TOE104

## ANEXO 03. ORDEN DE MANTENIMIENTO


**Hidrandina**

Fecha de Creación : 22.05.2017  
 Fecha de Inicio : 22.05.2017  
 Fecha de Fin : 25.05.2017  
 STATUS : ABIE DMNV EDET KKMP PREC  
 Clave de Actividad PM : 500 - Mantenimiento  
 Clase de Orden : OM03 - Orden de Mantenimiento Predictivo

N° Impresión: 1

### Orden de Mantenimiento N°500256073

**Descripción:**  
 PRED- Inspección termográfica en M.T. en el AMT. TOE103, líneas y SED  
 Sectores: Semirustica Mampuesto, Urb. Primavera, Urb. Alto Mochica, La Esperanza, Florencia de Mora, Urb. Santa Leonor, Urb. Las Quintanas, Urb. El Molino  
 Supervisor de área: Marco Suclupe. R.  
 Tec. Supervisor: Roland Sanchez  
 Personal Participante: Pablo Holguin, Manolo Gallardo.

<b>Sociedad:</b> 0300 <b>Ubic.Téc:</b> 3E-D-51002-CSA3172-MT000 <b>Equipo:</b>	<b>HIDRANDINA S.A.</b> <b>MEDIA TENSION</b>	<b>Area de Empresa:</b> DIS Dist Trujillo <b>Centro de Emplaz.:</b> Centro Trujillo <b>Indicador ABC:</b> 1
--	--	---

**Responsable OM:** MANUEL CAMPOS ACEVEDO  
**Estado de la Instalación:**

**JEFE UNIDAD MANTO DISTRIBUCIÓN**  
**N° de Aviso:**  
**Costo Plan:** 830.68 PEN  
**Costo Real:** 0.00 PEN

#### Operaciones/suboperaciones

Ope	Cód SubOpe	Descripción	Clave
0020		Revisión de OM y Programación de Mito.	PM01
0030		Supervisión y programación de trabajo	PM01
0040		Ejecución de trabajos en campo Técnico e	PM01
0050		Medición de puntos calientes Cámara de i	PM01
0060		Transporte de personal y equipos	PM01

#### Puestos de Trabajo (Recursos)


Ope	SubOpe	Cod.PtoTrab	Descripción Puesto de Trabajo	Cant.Pto.Trab		Trabajo	
				Plan	Real	Plan	Real
0020		RH0104	Jefe Mantenimiento de Distribución	1	1	0.5 H	0H
0030		RH0213	Supervisor de Mantenimiento de A. Públic	1	1	0.5 H	0H
0040		RH0301	Técnico Electricista de Distribución	3	3	48 H	0H
0050		IM050T	Termovisor 2 (Alta resolución) -T	1	1	16 H	0H
0060		VE009	"Camioneta Cabina Doble, Tracción Simple	1	1	16 H	0H

#### Trabajadores Participantes

Apellido y Nombre	Cargo	Centro
Suclupe Ramirez, Marco	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	0312 Centro Trujillo

Pagina: 1 / 2

## ANEXO 04. REPORTE DE INSPECCIÓN

		FORMATO										Código:	F12-03-09
		INSPECCION TERMOGRAFICA EN INSTALACIONES ELECTRICAS										Versión:	05/21-12-10
												Página:	1 de 1
UNIDAD DE NEGOCIOS		TRUJILLO	Nro. de OM	500257549	TERMOGRAFO (Marca, Serie)		Guide 09065		T° Ambiente*		23.5		
*Según Código Eléctrico Tomo IV													
ITEM	AMT	COD. SED	COD. SECCIONAMIENTO	COD. ESTRUCTURA	UBICACIÓN	NRO. TOMA	Temperatura por Fase				FECHA	HORA	OBSERVACIÓN
							R	S	T	N			
1	TOE104			88184-88185	Jr. Los Brillantes Urb. Santa Ines	IR040991	20.7 °C	20.1 °C	20.3 °C		05/06/2017	20:06	Sin Observacion
2	TOE104			0088185	Jr. Los Brillantes / Jr. Los Rubies - Urb. Santa Inés	IR040992	19.2 °C	19. °C	19.7 °C		05/06/2017	20:07	Sin Observacion
3	TOE104	HI0401			Jr. Los Brillantes / Jr. Los Rubies - Urb. Santa Inés	IR040993	22.5 °C	22. °C	22.5 °C		05/06/2017	20:07	Sin Observacion
4	TOE104			88186-88187	Jr. Las Turquezas Urb. Santa Ines	IR040994	17.3 °C	17.9 °C	18.1 °C		05/06/2017	20:09	Sin Observacion
5	TOE104			00058984	Jr. Los Brillantes Urb. Santa Ines	IR040995	11.5 °C	14. °C	15.1 °C		05/06/2017	20:09	Sin Observacion
6	TOE104	HI0223			Jr. Las Turquezas - Urb. Santa Inés	IR040996	20.7 °C	20.8 °C	20.8 °C		05/06/2017	20:10	Sin Observacion
7	TOE104			88187-88188	Jr. Los Brillantes Urb. Santa Ines	IR040997	18.2 °C	18.4 °C	18.9 °C		05/06/2017	20:12	Sin Observacion
8	TOE104	HI0402			Jr. Los Brillantes / Ca. La Perla - Urb. Santa Inés	IR040998	20.9 °C	20.5 °C	20.7 °C		05/06/2017	20:12	Sin Observacion
9	TOE104			88188-HI0170	Jr. Los Brillantes Urb. Santa Ines	IR040999	17.9 °C	18.4 °C	19.2 °C		05/06/2017	20:12	Sin Observacion
10	TOE104	HI0403			Jr. Los Berlios- Urb. Santa Inés	IR041000	21. °C	20.6 °C	20.8 °C		05/06/2017	20:13	Sin Observacion
11	TOE104	HI0404			Jr. Las Gemas - Urb. Santa Inés	IR041001	19.7 °C	22.2 °C	19.7 °C		05/06/2017	20:15	Sin Observacion
12	TOE104	HI0170			Jr. Los Brillantes / Jr. Los Berlios- Urb. Santa Inés	IR041002	20.8 °C	20.8 °C	20.6 °C		05/06/2017	20:18	Sin Observacion
13	TOE104	HI0440			Jr. Los Brillantes - Urb. Santa Inés	IR041003	20.3 °C	20.1 °C	20.1 °C		05/06/2017	20:19	Sin Observacion
14	TOE104			00088194	Jr. Los Brillantes / Jr. Los Rubies	IR041004	16.8 °C	17.6 °C	18.2 °C		05/06/2017	20:22	Sin Observacion
15	TOE104	HI0398			Jr. Los Rubies - Urb. Santa Inés	IR041005	18.6 °C	18.3 °C	18.7 °C		05/06/2017	20:22	Sin Observacion
16	TOE104	HI0399			Jr. Los Rubies / Jr. Los Diamantes	IR041006	20.4 °C	20.3 °C	20.2 °C		05/06/2017	20:23	Sin Observacion
17	TOE104	HI0400			Jr. Los Rubies Urb. Santa Ines	IR041007	20.5 °C	20.9 °C	20.4 °C		05/06/2017	20:27	Sin Observacion
18	TOE104			00168517	Av. Mansiche	IR041008	18.8 °C	18. °C	20.5 °C		05/06/2017	20:29	Sin Observacion
19	TOE104	HI2057			Av. Mansiche	IR041009	19.9 °C	19.5 °C	19.3 °C		05/06/2017	20:30	Sin Observacion
20	TOE104	HI0143			Av. Mansiche	IR041010	19.7 °C	19.8 °C	20. °C		05/06/2017	20:31	Sin Observacion
_____ FIRMA DEL RESPONSABLE													



Yo Gilbert Ivan Cabrera Flores identificado con DNI N° 1467397, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, autorizo la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado.

"Mantenimiento predictivo con aplicación de un sistema termografico para optimizar los indicadores de calidad de suministro en los alimentadores de media tensión Trujillo Nor Oeste"

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33



FIRMA

DNI: 10467397

FECHA: 22 de 01 del 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Yo, Dr. Jorge Eduardo Lujan López. Docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo de Trujillo, revisor de la tesis titulada

"Mantenimiento predictivo con la aplicación de un sistema termografico para optimizar los indicadores de calidad de suministro en los alimentadores de media tensión Trujillo Nor Oeste" del estudiante Gilbert Ivan Cabrera Flores, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Trujillo. 28 de 01 2019



Firma

DNI: 17897692

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------